



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



Universidad
Nacional
de Quilmes

Vilouta Rando, Nicolás

Controversias científicas en el ámbito educativo : la asignatura Biología, Genética y Sociedad en escuelas de la Provincia de Buenos Aires



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 2.5
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/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). *Controversias científicas en el ámbito educativo: la asignatura Biología, Genética y Sociedad en escuelas de la Provincia de Buenos Aires. (Tesis de maestría)*. Bernal, Argentina: Universidad Nacional de Quilmes. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/1183>

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

Controversias científicas en el ámbito educativo: la asignatura Biología, Genética y Sociedad en escuelas de la Provincia de Buenos Aires

TESIS DE MAESTRÍA

Nicolás Vilouta Rando

viloutar@yahoo.com.ar

Resumen

El abordaje de controversias científicas ha cobrado en los últimos años un protagonismo preponderante en la enseñanza de las ciencias como herramienta para transmitir una imagen integral de la ciencia, capacitar en la toma de decisiones y contextualizar el contenido científico. Además, numerosos documentos curriculares, resultados de la última reforma educativa, han remarcado la importancia del uso de controversias y debates en el aula para una correcta alfabetización científica. Producto de esta reforma es la materia de nivel secundario de la provincia de Buenos Aires Biología, genética y sociedad, en cuya currícula el análisis de controversias de relevancia social ocupa un lugar central.

El objetivo de este trabajo es entender, a través de tres estudios de casos, cómo son comprendidas y enseñadas las controversias por los docentes de la materia Biología, genética y sociedad. El análisis de estos casos muestra la influencia que tiene la imagen de la ciencia que poseen los profesores en el tratamiento del tema en el aula. A su vez, el modo de entender la asignatura por parte de los profesores también resulta decisivo. Las ideas positivistas sobre la ciencia dificultan entender a la ciencia 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 claves: Controversias científicas – Enseñanza de las ciencias – Imagen de ciencia



Universidad
Nacional
de Quilmes

**Controversias científicas en el ámbito
educativo: la asignatura *Biología, Genética
y Sociedad* en escuelas de la Provincia de
Buenos Aires**

Lic. Vilouta Rando, Nicolás

Director: Dr. Pellegrini, Pablo Ariel

Maestría en Ciencia, Tecnología y Sociedad

Marzo de 2018

Índice

Introducción.....	7
Marco teórico.....	11
El lugar del conflicto en la sociología y filosofía de la ciencia	13
La nueva filosofía de la ciencia en la educación científica	26
La sociología y las controversias en las propuestas de educación científica.....	32
Los docentes y las controversias	49
Conceptualización de las controversias.....	51
Abordaje de las CSC en el aula.....	57
Factores que dificultan el tratamiento de las controversias	68
La materia <i>Biología, Genética y Sociedad</i>	73
Contextualización de la asignatura	75
Caracterización de la asignatura.....	79
El lugar de las controversias en BGyS.....	81
Controversias propuestas	83
Metodología.....	89
Resultados	93
Valeria.....	95
Imagen de ciencia.....	97
Concepción de la materia	102
Identificación y abordaje de controversias en clase.....	103
Carolina.....	110
Imagen de ciencia.....	111
Concepción de la materia	112
Identificación y abordaje de controversias sociocientíficas.....	114
Beatriz.....	118
Imagen de ciencia.....	121
Concepción de la materia	123
Identificación y abordaje de controversias en clase.....	125
Discusión comparativa	133
Conclusiones.....	145

Referencias bibliográficas	153
Entrevistas.....	179

Introducción

A partir de distintos currículos e informes alrededor del mundo, en los últimos 30 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 imagen más integral de qué es y cómo funcionan la ciencia y la tecnología, comprender cómo interactúan con la sociedad y así lograr una educación científica para la ciudadanía (McComas y Olson, 2002; Vázquez-Alonso, Acevedo-Díaz y Manassero-Mas, 2005). En este panorama, la discusión y el análisis de controversias científicas ocupan un lugar central en la educación en ciencias y su tratamiento en el aula es considerado fundamental para alcanzar una adecuada alfabetización científica, ya que permiten transmitir una imagen de ciencia más adecuada, mostrando las características de lo que Latour llama la “ciencia en acción” (1987), como la incertidumbre, el carácter tentativo, la subjetividad, las existencias de múltiples perspectivas, el rol del financiamiento, los intereses políticos y su relación con el entorno social (Allchin, Anderson y Nielsen, 2014). La inclusión de controversias también estimula el pensamiento crítico (Solbes, 2013), permitiéndole al alumno entender la existencia de distintas interpretaciones para una misma realidad y así capacitarlo para la toma de decisiones en la sociedad. En el caso del abordaje de situaciones controversiales que impliquen problemáticas sociales más amplias, es también una herramienta sumamente útil para atraer el interés de los alumnos y convertir en significativa su educación científica (Marks y Eilks, 2009).

Teniendo en cuenta el importante rol que las controversias ocupan en la educación científica y los escasos estudios que al respecto existen sobre su

tratamiento en las aulas de educación secundaria argentina, este trabajo busca analizar cómo son comprendidas las controversias científicas por los docentes de secundaria 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* (BGyS) –la cual se dicta en las escuelas secundarias de la provincia de Buenos Aires- que propone, a través de la enseñanza de aspectos tanto disciplinares como meta-disciplinares, tratar algunas de las principales controversias contemporáneas relacionadas con la biología.

Debido a la propuesta explícita de *BGyS* de encarar cuestiones controversiales y de transmitir una visión de la ciencia desde una perspectiva constructivista, la consideramos un epítome del espíritu de la última reforma educativa, y por este motivo nos parece de sumo interés indagar cómo aquellas controversias son llevadas a clase por los profesores de la materia y qué imagen de ciencia es puesta en juego. Es así que la presente tesis busca caracterizar, mediante el estudio de caso de tres profesoras, la imagen de ciencia sostenida por ellas, su trayectoria profesional, su concepción de la asignatura, las controversias que abordan, qué aspectos de las mismas consideran y qué lugar ocupan estas en sus clases.

Marco teórico

El lugar del conflicto en la sociología y filosofía de la ciencia

Durante mucho tiempo los estudios de carácter metacientífico –es decir, aquellas disciplinas que vuelven su mirada sobre la ciencia, como los estudios sociales de la ciencia, la epistemología, historia y sociología de la ciencia- mantuvieron al conflicto excluido de la descripción de la empresa científica, entendiendo a esta como una actividad completamente racional, desarrollada por una armónica comunidad científica y donde el conocimiento se obtenía y justificaba de manera lógica, sin relación con el contexto social y como resultado de un método científico que partía de una observación objetiva e imparcial de la naturaleza. Si bien este modo de entender la ciencia ha sufrido profundos cambios que permitieron valorar sus contenidos sociales y matizar su carácter realista y racional, es muy común aún encontrarlo en gran cantidad de personas, incluso en los propios científicos y, lo que nos interesa en nuestro caso, en muchos profesores de ciencia. Pero ninguna de las características anteriormente mencionadas surgió de manera espontánea o natural, sino que son resultado de un arduo trabajo de reflexión realizado durante la primera mitad del siglo XX por la sociología y filosofía de la ciencia. Las ideas que estas disciplinas desarrollaron durante aquél período aún siguen siendo muy influyentes en el sentido común que las personas poseen sobre la ciencia.

Desde la sociología de la ciencia, el concepto de ethos científico – desarrollado por Robert Merton (1965)- con sus características de comunismo, universalismo, desinterés y escepticismo organizado, al igual que la idea de comunidad científica, otorgaban un aura de armonía entre científicos, los

cuales eran concebidos como libres de todo conflicto o desacuerdo, cuyos resultados no guardaban relación con ningún interés extra-epistémico. Si bien el cambio en la ciencia, según esta mirada, podía ser guiado por las necesidades económicas o políticas de una sociedad, este cambio era lineal, acumulativo y el conocimiento que generaba era validado en última instancia por valores epistémicos¹ que escapaban al campo de estudio de la sociología de la ciencia. Acorde con la popular distinción que entonces realizó Reichenbach (1949) entre los contextos de descubrimiento y justificación del conocimiento científico, la sociología de la ciencia sólo podía encargarse del primero, mientras el segundo era tarea exclusiva de la epistemología o filosofía de la ciencia (Echeverría, 1995). La forma de caracterizar y definir a la ciencia que tuvo la epistemología desarrollada en la primera mitad del siglo XX también excluyó toda posibilidad de centrar el análisis en controversias científicas, fortaleciendo las propuestas provenientes de la sociología. Así, se daba por hecho la existencia de un único método científico que funcionara según las reglas de la lógica, ya sea el método inductivo-deductivo –según el positivismo lógico- o el hipotético-deductivo para el racionalismo crítico (Chalmers, 2012). El positivismo lógico también defendía la percepción del mundo a través de los sentidos como principal vía de acceso a la realidad, sin la mediación de teorías previas que condicionaran la observación. De esta manera, siguiendo una serie de pasos lógicos y libres de todo condicionamiento, los científicos podían llegar a un conocimiento verdadero (Diéguez Lucena, 2005). Por su parte, la

¹ Los valores epistémicos son aquellos valores de carácter internalista que, según la mirada imperante durante la primera mitad del siglo XX, debían regir la ciencia, en oposición a los valores no epistémicos (o extra-epistémicos), como aquellos relacionados con cuestiones morales éticas, económicas o políticas. Ejemplos de valores epistémicos son la verdad, coherencia, simplicidad o capacidad predictiva. Para un análisis profundo de los valores y la ciencia ver Echeverría (1995) o Delgado y Vallverdú (2007).

propuesta de Popper, a través del racionalismo crítico, de que siempre era posible la existencia de un experimento crucial que refutara definitivamente una hipótesis, sumado al profundo espíritu autocrítico, democrático y avalorativo que, según él, debían tener los científicos, también hacía imposible la idea que surjan disputas, interpretaciones alternativas o factores externos que pudieran afectar la producción de conocimiento (Gómez, 2014).

Así, gracias al influjo de las primeras escuelas de epistemología y sociología de la ciencia del siglo XX, la ciencia era considerada ajena a toda posibilidad de conflicto o desacuerdo. En cambio, se percibía como una actividad completamente racional, objetiva, neutral, libre de valores e intereses políticos, sociales o económicos (Delgado y Vallverdú, 2007). Asimismo, el científico era considerado una persona completamente autónoma, encargado de indagar la naturaleza directamente y producir conocimiento a partir de *el* método científico -sea cual fuese este.

Esta perspectiva sobre la ausencia de conflicto en la ciencia se vio trastocada, como tantas otras cosas en la filosofía y la sociología de la ciencia, por la obra de Thomas Kuhn “La estructura de las revoluciones científicas” (1962). Si bien trabajos anteriores a esta publicación señalaron y desarrollaron muchas de las ideas que Kuhn presenta allí, tanto desde la epistemología -por ejemplo, la tesis de Duhem-Quine y la carga teórica de la observación de Hanson (1958)- como desde la sociología e historia de la ciencia -muchas de las ideas de Kuhn ya habían sido propuestas e incluso mejor desarrolladas por Michael Polanyi y Ludwik Fleck (Kreimer, 1999)-, fue su trabajo el principal responsable en provocar profundos cambios en este campo de estudios. Como dice Kreimer,

“uno parece tener la sensación de que Kuhn hubiera ofrecido de pronto la llave para abrir puertas que todos conocían, pero que permanecían invioladas, gracias a los fieles guardianes que Merton y sus discípulos habían destinado allí treinta años antes” (Kreimer, 1999: 90-91).

Entre las propuestas que introdujo Kuhn estuvo el cuestionamiento de la dicotomía entre el contexto de justificación y el de descubrimiento, como también la idea una racionalidad más amplia que la considerada por el momento -no reducible a métodos algorítmicos o a la lógica- y el solapamiento entre la teoría y los hechos (Gómez, 2014), proponiendo así una imagen de ciencia muy distinta a la que imperaba hasta el momento. Una de las ideas centrales y de mayor repercusión del libro fue el concepto de *paradigma*. El paradigma es, en una de las formas más comunes de definir el término², el conjunto de valores y supuestos teóricos, metodológicos y empíricos que comparten los científicos. El término sirve para demarcar y guiar el proceder de la ciencia en un área y época particular, a diferencia del rígido, universal e invariable método científico propuesto por las corrientes positivistas. Además, frente a la idea de cambio científico acumulativo y lineal propuesto por las corrientes anteriores, Kuhn creía que el devenir de la ciencia se describía mejor como una alternancia entre dos etapas distintas: ciencia normal y ciencia revolucionaria. Durante los períodos de ciencia normal los científicos realizan una tarea generalmente rutinaria en base al paradigma vigente, profundizando y acumulando conocimientos. Si bien durante esta tarea pueden surgir anomalías –es decir, hechos o resultados que no cuadran con este paradigma vigente-, simplemente se las ignora y barren debajo de la alfombra. Sin embargo, en un momento determinado estas anomalías, ya sea por su

² Kuhn le otorga muchos significados distintos al concepto de paradigma, polisemia que también permitió una gran variedad de interpretaciones posteriores.

cantidad o importancia, no pueden seguir siendo ignoradas y llevan a la ciencia a un estado de crisis. Así, el paradigma anterior termina siendo reemplazado por uno nuevo que logre dar sentido a las anomalías. Este período de cambio es llamado ciencia revolucionaria, luego del cual se vuelve nuevamente a una ciencia normal, pero esta vez bajo el nuevo paradigma instaurado. Kuhn considera que los paradigmas no son completamente comparables –los define como inconmensurables-, lo que trae al menos dos consecuencias interesantes. En primer lugar explica que debido a la inconmensurabilidad de los paradigmas, el cambio entre uno y otro no puede ser explicado completamente con argumentos lógicos y racionales, sino que inevitablemente se hacen presentes factores extra-epistémicos. En segundo lugar, explica que no puede hablarse de un avance o mejora entre un período y otro de ciencia normal. Mientras que se avanza y mejora dentro de cada uno de estos períodos, luego de una revolución no puede decirse que el nuevo paradigma sea mejor o superior al anterior (Kuhn, 1962).

De esta manera, a partir de la propuesta de Kuhn, la percepción de la naturaleza dejó de ser entendida como una actividad pasiva, pura y directa, sino que comenzó a considerarse el rol activo del científico, con una subjetividad e inmerso en un paradigma, propio de un lugar y tiempo determinados. Al mismo tiempo ofreció una idea de cambio científico que no siempre es acumulativo ni parsimonioso, sino de uno en el que existen enfrentamientos, ocurren revoluciones y pueden entrar en juego factores no epistémicos -sociales, religiosos, políticos, etc.- hasta ahora ajenos a la construcción del conocimiento científico. Este modo de entender a la ciencia no solo cambió la epistemología, fundando la llamada nueva filosofía de la ciencia,

sino que también provocó profundos cambios en la sociología de la ciencia, inspirando un grupo de escuelas y estudios que criticaron profundamente la sociología mertoniana, a partir de lo que se llamó la sociología del conocimiento científico (SCC). Esta se diferenciaba de las posturas epistemológicas y sociológicas contemporáneas en insistir en que la ciencia – incluso en sus aspectos técnicos- debía ser entendida como un producto significativa y constitutivamente social (Echeverría, 1995). De esta manera, la sociología de la ciencia rompía la barrera que separaba los contextos de descubrimiento con los de justificación.

Entre los más importantes movimientos de la SCC podemos encontrar al Programa Fuerte. Este grupo nació en la *Science Studies Unit* de la Universidad de Edimburgo y consideraba que el conocimiento científico debía ser estudiado como cualquier otro conocimiento, sin una distinción a priori. Para realizar dicho estudio, Bloor (1991) -uno de los autores principales de esta corriente- propuso cuatro principios básicos:

- Causalidad: se debía buscar las causas, y no sólo las sociales, que den lugar al surgimiento del conocimiento estudiado.
- Imparcialidad: requerían explicación tanto la verdad como la falsedad, la racionalidad o la irracionalidad, el éxito y el fracaso de una idea científica.
- Simetría: El tipo de explicación debía ser el mismo para explicar ambos lados de las dicotomías recién mencionadas.
- Reflexividad: Los patrones de explicación debían poder aplicarse a la propia sociología.

A partir del Programa Fuerte, y haciendo énfasis en sus distintos principios, surgieron numerosos estudios, entre los que nos interesa destacar aquellos que dieron un lugar preponderante al conflicto en la caracterización de

la ciencia, a través del estudio de disputas y desacuerdos entre científicos. La controversia –usualmente ignorada o bien considerada un evento de resolución casi automática- comenzó a ser utilizada como ventana hacia el interior de la ciencia, permitiendo comprender el proceso de formación del conocimiento científico y los factores sociales que intervenían en este. De esta manera, se comenzó a considerar al conflicto y los valores extra-epistémicos como rasgos constitutivos de la actividad científica.

Entre los diversos autores que consideraban de alguna manera la disputa al interior de la ciencia, fue el Programa Empírico del Relativismo (PER) -fundado por Harry Collins en la universidad de Bath- el que puso al conflicto como objeto privilegiado de estudio y se dedicó a analizar distintas controversias (Collins, 2009; Collins y Pinch, 1996; Pinch, 1986). Collins cree que las acciones de los científicos no sólo se reparten entre la ciencia normal –siguiendo fielmente un paradigma- y la revolucionaria -donde intentan cambiar completamente el paradigma con el que trabajan-, sino que también considera que existe una tercera actividad a mitad de camino de las otras dos: ante la aparición de anomalías en el paradigma vigente, los científicos pueden intentar hacer cambios mayores de tal paradigma sin reformarlo completamente (Kreimer, 1999). Es en estas circunstancias donde surgen las controversias. Así, el PER adoptó sólo los principios de imparcialidad y simetría del Programa Fuerte y centró su análisis en las controversias -desarrolladas en congresos, sociedades y revistas especializadas (Echeverría, 1995)-, en las que participaban un conjunto reducido de científicos, el “core-set”. Dicho conjunto engloba a los científicos en disputa capaces de hacer aportes significativos a la materia, y podría traducirse como “conjunto central” o “núcleo duro” (Kreimer,

1999). En estas controversias se ponen en juego las distintas interpretaciones - producto de lo que Collins llama flexibilidad interpretativa- de los resultados experimentales que no logran encajar con el paradigma científico vigente. Las discusiones giran en torno tanto de la adecuación de la competencia experimental de los científicos involucrados como de la teoría en que descansan las interpretaciones, y sirven así como ventanas al interior de la ciencia y su proceso de creación de conocimiento. Es una forma de abrir la caja negra que la imagen idealizada de una ciencia sin conflictos lograba mantener cerrada. A través de los estudios de controversias, Collins puso especial atención sobre el rol de la experimentación y el problema de la inducción, cuestionando los modelos “algorítmicos” de método científico propuestos por las corrientes positivistas y sugiriendo en cambio un modelo de “enculturación” (Collins, 1995). Según este modelo, es imposible llevar a cabo la replicabilidad de los experimentos mediante reglas e instrucciones explícitas como la mirada algorítmica propone. No alcanza con que un científico pase a otro la “receta” del experimento, sino que el conocimiento tácito tiene un rol fundamental, así como el modo de interpretar qué es lo que se está observando durante el mismo. De esta manera, la transferencia del conocimiento es imposible de adquirir si no es por medio de un estrecho contacto -la “enculturación”- del científico con la comunidad relevante (Collins, 2009), no sólo para aprender cómo hacer el experimento, sino también para saber cómo interpretarlo. Esta última cuestión, sobre la carga teórica de la observación -clara influencia de Kuhn, aunque también desarrollado antes desde el área de la epistemología por Hanson (1958)-, juega un rol fundamental en la propuesta de Collins, al plantear la interrelación y mutua dependencia que se da entre la teoría, la

predicción y la observación (Collins y Pinch, 1996). Es así que durante una controversia, no sólo los resultados del experimento y la competencia de los científicos en realizarlo son puestos en cuestión, sino que también es inevitable que junto a estos se discuta la naturaleza misma del fenómeno estudiado.

En definitiva, mediante la apertura de la caja negra que implica estudiar el planteo, la discusión y clausura de controversias científicas, Collins nos muestra la naturaleza más bien artesanal de la práctica científica. Naturaleza que perdemos de vista por el encanto que presta la distancia. En palabras del autor, “cuanto más distante en el espacio o tiempo está el lugar de la creación del conocimiento, más seguro es” (Collins, 2009). La estrategia propuesta por Collins (1981) para analizar la controversia consta de tres etapas. Primero, debe mostrarse la flexibilidad interpretativa de los resultados experimentales, mostrando que los experimentos por sí solos no son decisivos; en segundo lugar, se deben analizar los mecanismos sociales, retóricos e institucionales que limitan la flexibilidad interpretativa y favorecen el cierre de la controversia, haciendo posible llegar a un consenso; finalmente, deben relacionarse aquellos mecanismos de cierre con el contexto social, cultural y político más amplio.

Este último punto, si bien no fue explorado en profundidad por el PER (Pellegrini, 2013), fue el objeto de indagación de otros autores del Programa Fuerte, como es el caso de Steven Shapin, quien analiza la controversia alrededor de la frenología durante el siglo XIX en Edimburgo y muestra cómo las distintas posturas de la disputa estaban alineadas con los intereses económicos y de clase de la época (Shapin, 1975). Otro ejemplo similar es el estudio realizado por Shapin y Schaffer (2005), quienes estudian la controversia entre Thomas Hobbes y Robert Boyle sobre la naturaleza del

vacío, mostrando cómo esta discusión reflejaba sus visiones políticas y posturas ante la monarquía durante el siglo XVII.

Desde los estudios etnográficos de la SCC, autores como Bruno Latour y Steven Woolgar prestan especial atención al carácter artesanal de la producción científica y, entre sus procesos característicos, a las disputas entre científicos. Estos autores estudiaron la dinámica cotidiana de un laboratorio de biología molecular durante dos años, lo que les permitió analizar el proceso de construcción de los hechos científicos y mostrar cómo estos son productos de desacuerdos, deliberaciones, debates y una posterior negociación y construcción social entre los investigadores. Muestran que en la labor científica no sólo participan los factores racionales o epistémicos -como las hipótesis, datos y experimentos-, sino que también se superponen factores no epistémicos -como intereses, imprevistos, conflictos, valores contextuales, etc.- que luego son ocultados en la presentación final de los hechos científicos (Latour y Woolgar, 1986). Esto le permite diferenciar a Latour entre dos tipos de ciencia: la “ciencia en construcción” (*science in the making*) y la “ciencia hecha” (*ready made science*) (Latour, 1987). La “ciencia en construcción” es aquella que se observa en el día a día de la labor científica, en donde los hechos aún no han sido determinados definitivamente y son objeto de controversia y distinta interpretación por los científicos, quienes aún no han llegado a un acuerdo, por lo que toda afirmación puede ser discutida y está sujeta a revisión. Por el contrario, la “ciencia hecha” es aquella sobre la cual se ha generado un amplio consenso, donde el conocimiento científico ya no es considerado controversial, sino presentado como un hecho y las costuras que muestran su carácter construido ya fueron ocultadas. Mientras que a esta última la

encontramos en los libros de texto académicos y de divulgación, la primera se sitúa tras las paredes de los laboratorios, invisibles al resto de las personas y donde la etnografía realiza sus estudios. Podríamos comparar la “ciencia hecha”, utilizando una analogía de Collins, con los barcos dentro de botellas:

“Los barcos son trozos de conocimiento y las botellas son la verdad. El conocimiento es como un barco debido a que una vez que está en la botella de la verdad pareciera como si siempre debiera haber estado allí y pareciera que no pudiera salir de nuevo” (Collins, 2009; p. 9).

A propósito de la propuesta de estos autores y el estatus que dan a la ciencia, vale citar la aclaración que hace Diéguez Lucena sobre el modo de entenderla por Latour y Woolgar:

“Con esto no están diciendo que la ciencia sea un fraude, ni pretenden negar que los hechos científicos sean hechos sólidos y fiables. En esto el constructivista social sería tan firme como el positivista, con el que comparte más de lo que parece. Lo que sucede es que los hechos y la realidad no pueden ser aducidos para explicar por qué los científicos resuelven sus controversias. Y la razón es que la realidad externa es la consecuencia y no la causa del trabajo científico. Los hechos no son los que desencadenan la controversia, sino que son el producto de la misma”. (Diéguez Lucena, 2005: 286)

Los estudios de la SCC mencionados recientemente tienen la particularidad de centrarse exclusivamente en controversias y discusiones que se limitan a intercambios dentro de un conjunto, por lo general reducido, de científicos, a las que podríamos clasificar como controversias internas (Delgado y Vallverdú, 2007). Además, si bien en ellas influye la incidencia de factores no epistémicos, la discusión gira en torno a la factibilidad de determinado conocimiento científico o metodológico. Pero a partir de finales de la década del ‘80 muchas investigaciones del área de los estudios sociales de la ciencia comenzaron a considerar controversias en las que los actores involucrados no son sólo

científicos, sino también personas que normalmente no tienen un contacto profesional con la ciencia ni un conocimiento sistematizado de esta, pero aún así se ven involucradas en las discusiones e incluso hacen aportes significativos de conocimiento. Entre este tipo de estudios se incluyen, por ejemplo, el caso de los pacientes afectados por el SIDA y su rol activo en la reforma de las pruebas médicas (Esptein, 1995), la controversia entre los granjeros de Cumbria y los científicos del Ministerio de Agricultura del Reino Unido en torno a las medidas de seguridad a tomar por el accidente nuclear de Chernobyl en 1986 (Wynne, 1992), o el manejo del metano producido por la acumulación de desperdicios (Layton et al., 1993). En este tipo de controversias el objeto en disputa no es sólo el conocimiento científico y la interpretación de experimentos, sino que también forman parte del eje de discusión cuestiones que van más allá de estos temas. Michael y Birke (1994) advierten también esto al abordar la controversia sobre la utilización de animales en experimentos, en donde una de las cuestiones centrales de la discusión gira en torno a un componente moral: si es éticamente correcto utilizar animales para obtener conocimiento científico o beneficios médicos. Los autores entonces diferencian estas controversias de las normalmente tratadas por el PER, donde si bien era posible la aparición de argumentos no técnicos, lo que estaba en juego era la factibilidad de determinado fenómeno natural. Además, mientras que el *core-set* de estas era relativamente limitado, explican los autores, en estos otros casos en los que se incorporan a la controversia cuestiones políticas, éticas y económicas

“el *core-set* se vuelve potencialmente extensible al infinito –es decir, el *core-set* está ahora compuesto por aquellos actores preocupados por una controversia sustancialmente moral y política. Como cualquier ciudadano puede en principio contribuir al debate enfatizando los aspectos “no científicos”, este *core-set* generalizado

puede, teóricamente, abarcar a cualquier miembro de la sociedad con una postura respecto al objeto relevante” (Michaela Birke, 1994: 82).

De esta manera, el concepto de controversia se amplió de dos modos distintos. Por un lado se amplió el ámbito de disputa, ya que los estudios sobre controversias comenzaron a abordar discusiones en las que participaban actores pertenecientes a otros grupos sociales distintos del reducido *core-set* de científicos planteado inicialmente por Collins. A estas controversias podríamos llamarlas “controversias ampliadas” o “controversias públicas” (Aibar, 2002). Por otro lado, también se amplió el objeto de disputa, al comenzar a considerar controversias que ya no giraban solamente en torno de una cuestión técnica, experimental o epistémica, sino también alrededor, y a veces exclusivamente, de cuestiones éticas, políticas, religiosas y económicas. Para diferenciarlas de las controversias internas normalmente estudiadas por la SCC, podemos nombrar a estas “controversias externas” (Delgado y Vallverdú, 2007) o bien “controversias basadas en la ciencia” en contraste a las “controversias científicas” (Brante, 1993). Si bien útil desde un punto de vista heurístico, estas clasificaciones entre distintos tipos de controversias no suelen ser tajantes, sino que sus límites son porosos (Carreira, 2009) y los ámbitos de disputa pueden ir cambiando con el tiempo (Aibar, 2002; Vallverdú, 2005a).

Hecho este recorrido, desde el positivismo lógico y la sociología mertoniana hasta las propuestas de Kuhn y la SCC, los estudios en filosofía y sociología de la ciencia fueron dejando atrás una mirada internalista y desplegando abordajes que permitieran explorar los conflictos que se producen en el ámbito científico. Aunque esos abordajes cobraron cierta relevancia al interior de sus campos disciplinares, no necesariamente recibieron la misma atención en otros espacios dedicados al análisis metacientífico. En este

sentido, a continuación examinaremos cuáles son los contactos entre los estudios metacientíficos recién revisados y la didáctica de la ciencia, así como también de qué manera las controversias están presentes en sus propuestas.

La nueva filosofía de la ciencia en la educación científica

Si bien a partir de la publicación del libro de Kuhn cambió el modo de entender la ciencia para la filosofía, historia y sociología de las ciencias, las ideas recién descritas no alcanzaron el ámbito de la educación científica de manera automática, sino que los documentos y programas curriculares continuaron por décadas transmitiendo una imagen de ciencia positivista, fundamentada en un racionalismo y empirismo propios de la filosofía de la ciencia de la primera mitad del siglo XX. Esto se explica, en buena medida, por la falta de comunicación entre la filosofía de la ciencia y la educación científica que se mantuvo hasta la década de los '80, situación descrita por Duschl (1985) como un desarrollo mutuamente excluyente. De esta manera, los documentos curriculares desarrollados durante esta época eran realizados en su mayor parte por científicos sin ninguna formación en las áreas de filosofía, historia y sociología de la ciencia, perpetuándose así una visión positivista sobre la ciencia. Sin embargo, esta situación comenzó a cambiar con la ponderación de una mirada constructivista entre los fundamentos teóricos de la didáctica de la ciencia (Matthews, 1998; Adúriz-Bravo, 2001), la propuesta de nuevos objetivos en la educación científica y el afianzamiento de un área de la didáctica de la ciencia – la Naturaleza de la Ciencia- que se encargó de actualizar el modo de

comprender el conocimiento y la labor científica a partir de las ideas propuestas por Kuhn.

Mientras que hasta finales de la década del '70 los documentos curriculares en ciencia solían proponer una educación orientada a la pequeña porción de la población que siguiera sus estudios universitarios en el área de ciencia y tecnología, desde los años 80' empezó a cobrar impulso la idea de una educación en ciencia dirigida al total de la población como elemento democratizador (AAAS, 1989; Driver, Newton y Osborne, 2000; Millar y Osborne, 1998; OECD, 2001; UNESCO, 2016). Y es que a raíz de las numerosas controversias que comenzaron a suscitarse en la sociedad por los avances en ciencia y tecnología, tanto el campo académico como las instituciones educativas postularon como uno de los principales objetivos de la educación científica la capacitación de los alumnos en dar respuesta, involucrarse y tomar decisiones en el contexto de dichas problemáticas (Kolstø, 2000; Roberts, 2007). Para esto se considera necesario no sólo que estén presentes en la enseñanza los contenidos disciplinares que tradicionalmente han constituido la educación científica en las escuelas, sino dar un lugar central -de manera explícita- a los aspectos metacientíficos, y así ayudar a comprender el modo en que funciona la ciencia y sus relaciones con la tecnología y la sociedad (Dawson, 2000; Ryder, 2001). En muchos casos en donde las discusiones en torno a los conceptos científicos son extremadamente técnicos y complejos -y por lo tanto inaccesibles a la mayoría del público no especializado- el conocimiento de segundo orden *sobre* la ciencia y tecnología otorga la oportunidad a este público de involucrarse y realizar preguntas significativas sobre las controversias en curso (Bingle y Gaskell, 1994; Dawson,

2000; Driver et al., 1996; Harker, 2015; Ryder, 2001; Seethaler, 2009; Shamos, 1995).

Al mismo tiempo, este cambio en los objetivos y tipos de contenidos fue acompañado junto a una idea de ciencia más actualizada, cercana a las propuestas kuhnianas y de otras corrientes posteriores, gracias al desarrollo y afianzamiento dentro de la didáctica de la ciencia del área de investigación bautizada como Naturaleza de la Ciencia. La Naturaleza de la Ciencia (desde ahora NdC) es tanto un área de la didáctica de la ciencia como el objeto de conocimiento de dicha área, el cual podría definirse como el 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, historia, sociología y psicología de la ciencia. Debido al interés ya mencionado en el conocimiento meta-científico a raíz de los nuevos objetivos de la educación, la NdC ha pasado a ocupar un lugar importante en la didáctica de las ciencias, gracias a 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.

A pesar de la existencia de discusiones y desacuerdos, tanto entre didactas como historiadores, sociólogos y filósofos de la ciencia, sobre qué NdC enseñar (Alters, 1997; Kötter y Hammann, 2017), se han desarrollado distintas propuestas, entre las que se destaca -por ser una de las primeras y más difundidas- la denominada “visión del consenso” (*consense view* en el inglés original). Esta propuesta, sugerida por McComas, Clough y Almazroa (1998), considera que existe una concepción sobre la ciencia que se basa en un acuerdo relativamente amplio. Esta visión, según los autores, podría

caracterizarse a través de una lista de catorce afirmaciones que abrevan principalmente de la nueva filosofía de la ciencia:

- El conocimiento, aunque durable, es de carácter tentativo.
- La ciencia descansa fuerte, aunque no enteramente, en la observación, la evidencia empírica, los argumentos racionales y el escepticismo.
 - La observación es influida por la teoría.
 - No existe un método científico universal.
 - Las leyes y teorías tienen distintos roles en la ciencia.
 - Los científicos requieren reportes replicables.
 - La ciencia es un intento de explicar fenómenos naturales.
 - Los científicos son creativos.
 - La ciencia es parte de una tradición social y cultural.
 - La ciencia y la tecnología se influyen mutuamente.
 - Las ideas científicas han sido afectadas por sus entornos sociales e históricos.
 - La ciencia avanza de manera tanto gradual como revolucionaria.
 - Las personas de todas las culturas contribuyen a la ciencia.
 - El nuevo conocimiento debe ser reportado de manera clara y abierta.

Este conjunto de afirmaciones ha recibido un amplio apoyo de la comunidad académica y se ha visto reflejado en numerosos documentos curriculares (Lederman, 2006; McComas y Olson, 1998; Osborne et al, 2003). Sin embargo también es objeto de intensas críticas -entre otras cosas por ser afirmaciones “irresponsablemente vagas, si no contradictorias” (Allchin, 2004)- a partir de las cuales se han propuesto distintas alternativas sobre qué NdC a enseñar (Adúriz-Bravo, Izquierdo y Estany, 2002; Allchin, 2011; Clough, 2007; Duschl y Grandy, 2012; Matthews, 2012). Pero es importante señalar que tanto la visión de consenso como la mayoría de las alternativas propuestas ignoran

los aportes de la sociología de la ciencia o bien les dan un rol marginal y secundario en la caracterización del conocimiento y la actividad científica. Si bien algunas de sus ideas -como aquellas de la lista de consenso que hablan de la naturaleza tentativa de la ciencia, el peso de la teoría en la observación, las influencias sociales e históricas y la ausencia de un método científico universal- parecieran dejar abierta la posibilidad de abordar a la ciencia desde una mirada sociológica e incluso considerar el desacuerdo entre científicos, ambas cuestiones no suelen ser el tema central de las propuestas y los trabajos sobre NdC (Cunningham y Helms, 1998; Farías Camero, 2013; Zemplén, 2009). Al igual que el desarrollo mutuamente excluyente entre la epistemología y la didáctica de la ciencia hasta mediados de la década de los 80', ha habido también una falta de comunicación entre esta última y la sociología de la ciencia (Cunningham y Helms, 1998; Delamont, 1987). Sin embargo, mientras que la epistemología logró permear en la didáctica durante las últimas décadas, no puede decirse lo mismo de la sociología de la ciencia. Como señala Farías Camero (2013), apenas un 5% de las publicaciones de los últimos 20 años de *Science & Education*³ tienen como tema central la inclusión de la sociología de la ciencia o de controversias sociocientíficas, en comparación al 70% dedicadas a cuestiones de historia y/o filosofía de la ciencia. Una explicación de la baja presencia de la sociología de la ciencia es el lugar predominante que se le suele dar a la epistemología por sobre el resto de las disciplinas metacientíficas (Zemplén, 2009; Farías Camero, 2013). Podemos citar como ejemplo de esto a Adúriz-Bravo, que señala la epistemología como la “reflexión metateórica por excelencia” (Adúriz-Bravo, 2001). En la misma línea, y

³ Publicación periódica comenzada en 1992 y dedicada específicamente a las contribuciones de la historia, la filosofía y la sociología a la enseñanza de las ciencias.

reforzando aún más el carácter secundario y subsidiario de la sociología, el autor señala que la naturaleza de la ciencia debería “[s]er principalmente una reflexión de tipo *epistemológico*, ambientada en la historia de la ciencia y “advertida” por la sociología de la ciencia contra el dogmatismo y el triunfalismo del relato positivista tradicional” (Adúriz-Bravo, 2005) (cursivas y comillas del autor). A este relegamiento de la importancia de la sociología se añade que, como a partir del giro kuhniano sus enfoques suelen proponer una mirada relativista, como es el caso del Programa Fuerte y sus programas derivados, muchos lo consideran peligrosos por sus propuestas. Muchos autores de la NdC han expresado su temor por el peligro que una mirada relativista y contextualista propia de la SCC pueda acarrear para las ciencias, mostrando lo que ellos consideran un conocimiento irracional, que corrompe el debate público sobre la ciencia y mina sus instituciones (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003; Adúriz-Bravo y Amador Rodríguez, 2011; Mackenzie et al., 2014; Matthews, 1997; Slezak, 1994).

Sin embargo, en los últimos años la incomunicación entre ambas disciplinas ha intentado superarse desde propuestas provenientes de diversos enfoques, que han buscado constituir a la sociología de la ciencia y/o al estudio de controversias como elementos fundamentales de la educación científica, matizando el carácter relativista y supuestamente irracional de aquella. En el próximo apartado se revisarán este tipo de propuestas educativas, provenientes tanto de la NdC como de otras líneas y corrientes de la didáctica de la ciencia.

La sociología y las controversias en las propuestas de educación científica

A pesar de las reservas que se suelen interponer a la inclusión de la sociología de la ciencia en la educación, varias propuestas de los últimos años han comenzado a considerar los aportes de esta disciplina como elementos ineludibles para lograr explicar, citando a Alan Chalmers (2012), qué es esa cosa llamada ciencia. Junto a estas propuestas, o bien en paralelo, también comienza a cobrar importancia el análisis de controversias, no sólo científicas sino también –y especialmente- controversias de tipo ampliadas y externas. Estas, como veremos, serán sugeridas tanto por su utilidad para ilustrar y acercar a los estudiantes las distintas características de la dinámica científica y sus aspectos sociales, como por su valor intrínseco, dada la gran cantidad de problemáticas relacionadas a la ciencia y tecnología que actualmente afectan a la sociedad y son difundidas por los medios de comunicación (Moreno y Liso, 2012), en las cuales los alumnos se verán envueltos como ciudadanos y tendrán la necesidad de tomar decisiones. Vale la pena aclarar que ante el creciente interés que suscitaron las controversias durante los últimos años en la didáctica de las ciencias -especialmente a través del enfoque de Controversias Sociocientíficas (Sadler, 2011; Zeidler, 2003)- la inclusión de la sociología de la ciencia aún se mantiene al margen de las que podríamos denominar las corrientes principales de la disciplina.

Hodson (2014), en una revisión sobre el desarrollo de la NdC, considera que esta debe abarcar la naturaleza tanto del conocimiento científico como de los procedimientos que lo generan, incluyendo también los procesos de

modelización, las circunstancias sociales e intelectuales de su desarrollo, la organización social de los científicos, las convenciones lingüísticas para el reporte, escrutinio y validación del conocimiento y los modos en que la ciencia impacta y es impactada por el contexto social en que se desarrolla. En la misma línea, Allchin (2004) se pregunta si la sociología de la ciencia debería ser prohibida en la educación científica⁴, como pareciera ser el caso actualmente. En su trabajo, el autor considera que a la mirada epistemológica y de carácter normativo -hoy en día la más difundida en la NdC- deberían agregarse los enfoques provenientes de la sociología de la ciencia, tanto de los estudios micro y macrosociales como de los culturales, concluyendo que la sociología de la ciencia y los estudios de casos que esta aborda, al contrario de lo que ocurre hoy, deberían ser considerados aptos -y esenciales- para todo público⁵. La caracterización de la ciencia proveniente de estos estudios permitiría balancear el carácter normativo de la epistemología con un enfoque de carácter más descriptivo. Zemplén (2009) también considera que la sociología de la ciencia se encuentra ausente en las propuestas educativas sobre NOS, y que también debería introducirse y convivir con los factores y contenidos epistemológicos, de modo de embeber lo epistemológico en lo social. Sin embargo, el autor cree que la sociología de la ciencia, en sintonía con Collins y Evans (2002), no sólo debe ser descriptiva sino también tener un carácter normativo. Aprender a caracterizar a la ciencia a través de sus aspectos sociales, identificarla por sus instituciones, comprender su funcionamiento en el laboratorio y sus mecanismos de revisión, ayudaría a los alumnos a tomar decisiones durante distintas controversias, mediante la

⁴ Literalmente, la pregunta es "*Should the sociology of science be rated X?*", en una alusión al sistema de clasificación de películas estadounidense.

⁵ "*E: Essential for Everyone*", siguiendo la metáfora del sistema de clasificación de películas.

diferenciación entre ciencia y pseudo-ciencia, estableciendo un criterio de demarcación y de evaluación sobre la experticia que ayude a elegir a qué expertos creer (Zemplén, 2009)⁶.

Entre los conceptos más comúnmente propuestos provenientes de la sociología de la ciencia podemos identificar a aquellos derivados del estudio de controversias (por ejemplo, Collins, 1985; Collins y Pinch, 1995; Pinch, 1986; Shapin, 1979; Shapin y Schaffer, 1985) y los estudios etnográficos de laboratorios (Latour, 1987; Latour y Woolgar, 1986).

De entre los primeros se resalta el problema de la replicabilidad, los procedimientos de clausura de controversias, la inadecuación de la falsabilidad como criterio científico, la influencia de los factores contextuales y la flexibilidad interpretativa (Allchin, 2004; Allchin, Andersen y Nielsen, 2014; Bricker y Bell, 2008; Kelly et al., 1993; Zemplén, 2009). Esto último cobra gran importancia para comprender la existencia de interpretaciones alternativas legítimas y como parte integral y fundamental de la práctica científica (Kolstø, 2000, 2001). De esta manera se evitaría que los alumnos, al toparse con casos en que los científicos están en desacuerdo, creen que dichos desacuerdos sean necesariamente productos de la inficiencia o deshonestidad de los científicos (Kolstø, 2001; Niaz y Rodríguez, 2002). De manera complementaria se resalta la importancia de entender la idea de consenso científico y saber identificar la existencia o ausencia de este durante una controversia (Allchin, 2017; Kolstø, 2000; Zemplén, 2009).

⁶ Vale decir que Allchin también considera la utilidad de los aspectos sociales en la credibilidad y evaluación de la experticia y el conocimiento científico, cuestión más enfatizada en trabajos posteriores (Allchin, 2012, 2017), donde también otorga este valor normativo a las enseñanzas derivadas de la sociología de la ciencia.

En cuanto a la valoración de los aportes de los estudios etnográficos, se destaca por sobre los demás la diferenciación entre la “ciencia hecha” y la “ciencia en acción” propuesta por Latour (Allchin, 2004; Bricker y Bell, 2008; Hodson, 2014; Kolstø, 2000a, 2000b; Kelly et al., 1993; Richard y Bader, 2009; Roth y McGinn, 1998). En la misma línea, Kolstø (2001) destaca que durante la ciencia en acción se puede apreciar el fenómeno descrito por Holton (1978) como “suspensión del escepticismo”, el cual permite a los científicos continuar trabajando sobre una idea y desarrollarla, ignorando la evidencia contadictoria con la que más adelante se encargarán de lidiar. Estas concepciones permitirían comprender la dinámica y cuestiones que surgen de muchas controversias cuyas discusiones giran en torno a conocimiento de frontera, sobre el que aún no se ha llegado a un consenso demasiado sólido. También la teoría del actor-red de Latour (2005) es valorada por varias propuestas, ya que permitiría resaltar el carácter socialmente construido de la ciencia (Kelly et al., 1993) y la importancia que durante las controversias tienen las distintas alianzas tejidas entre científicos y otros actores sociales (Richard y Bader, 2009), como también el rol de la escritura y los recursos literarios en el reordenamiento y presentación del conocimiento científico de manera más convincente y el importante papel que juega la argumentación en todo esto (Bricker y Bell, 2008; Roth y McGinn, 1998).

También es resaltado el valor de los estudios feministas sobre la ciencia, que permitirían describir los procedimientos y los factores socioculturales que influyen en la práctica científica (Allchin, 2017; Hodson, 2011; Kelly et al., 1993; Kolstø, 2001). Este enfoque, perteneciente al área más amplia de estudios sociales de la ciencia, no es estrictamente de la sociología pero está

profundamente emparentado. Entre otras cosas, se encarga de resaltar la injerencia de los valores, tanto epistémicos como no epistémicos, en la interpretación y construcción de conocimientos, lo que no niega la posibilidad de alcanzar cierto grado de objetividad, sino que propone que dicha objetividad debe ser alcanzada con una ciencia que represente a la mayor cantidad de intereses y grupos sociales, la existencia de ámbitos públicos para la crítica y criterios públicos y compartidos para la evaluación de hipótesis, teorías y prácticas experimentales (Longino, 1990).

Para la enseñanza de estos aspectos metacientíficos el abordaje y análisis de controversias durante las clases es considerado una herramienta de suma utilidad (Allchin, Andersen y Nielsen, 2014; Bricker y Bell, 2008; Collins y Pinch, 1995; Kelly et al., 1993; Niaz, 2000, 2016; Niaz y Rodríguez, 2002; Richard y Bader, 2009; Vallverdú e Izquierdo, 2010). Por citar algunos ejemplos, Bricker y Bell (2008) y Kelly et al. (1993) resaltan el estudio de controversias para la educación como una adecuada manera de estudiar el proceso de argumentación científica. Por su parte, Allchin, Andersen y Nielsen (2014) recomiendan el tratamiento de controversias que involucren a la sociedad, haciendo uso tanto de controversias contemporáneas -aún no resueltas- como de casos históricos. Mientras que los primeros son una ventana ideal para presenciar y aprender sobre la “ciencia en acción”, en los segundos, la distancia temporal y cultural hace que sea más fácil señalar e identificar la influencia de los valores contextuales en la construcción del conocimiento, muchos más difíciles de percibir en los casos actuales. Asimismo, Hodson (2011) señala la importancia del tratamiento de casos históricos -citando como ejemplos el caso Lysenko y la implementación de

políticas de segregación racial- como así también el de fraudes, que puedan servir para ilustrar la influencia de los factores socioculturales en la ciencia y como una ventana desde la cual ver y entender su funcionamiento social. Vallverdú e Izquierdo (2010), para facilitar el abordaje de la NdC en las clases, proponen la transposición didáctica de un modelo desarrollado en el campo de los estudios sociales de la ciencia (Vallverdú, 2005a, 2005b) que permitiría abordar y entender las controversias de un modo dinámico y en el que se entremezclan tanto los valores epistémicos como los no epistémicos, al mismo tiempo que es posible apreciar la presencia e influencia determinante de distintos grupos sociales (científicos, instituciones estatales y privadas, comunicadores, etc.).

Aquellas propuestas educativas que abogan por la inclusión de la sociología de la ciencia permiten entender a la ciencia no sólo como un objeto profundamente influenciado y atravesado por la sociedad, sino también como un cuerpo social en sí mismo, que se encuentra interconectado, nucleado por distintas instituciones, con sus propias metodologías, con un conocimiento validado en un sistema de revisión de pares (*peer review*) y con determinados modos de regulación, reconocimiento, cooperación, comunicación y difusión. Entender esta naturaleza de trabajo en red y de interconexión permite combatir la imagen individualista que se suele tener de los científicos como personas solitarias y aisladas que trabajan solas en un laboratorio (Cunningham y Helms, 1998). Tener en cuenta las dinámicas de evaluación, *peer review* y consensos propios de la ciencia también permite entender dos cosas. Por un lado, que no todas las posturas en torno a una controversia están avaladas científicamente ni merecen la misma credibilidad, lo que podría ser evaluado –a falta de

conocimientos disciplinares específicos difíciles de adquirir- a partir del nivel de consenso dentro del conjunto de expertos, el tipo de publicaciones que las avalan y los procesos de revisión por los que pasaron dichos estudios. Por otro lado, que no todas las controversias científicas son tales, ya que suele ocurrir, como muestra Harker (2015), que actores interesados en transmitir la idea de que cierto conocimiento es tentativo y endeble buscan construir y difundir la falsa percepción de una controversia en el seno de la ciencia, cuando en realidad no existe tal desacuerdo, sino más bien un amplio consenso y sólidas pruebas. También sucede que los medios masivos de comunicación pueden distorsionar el nivel de desacuerdo, sobredimensionándolo y dando la impresión de una controversia científica donde realmente no la hay. Así, algunas notas periodísticas contraponen y equiparan a trabajos apoyados con amplio consenso dentro del conjunto de expertos con investigaciones de cuestionada calidad y bajos niveles de aceptación (Ryder, 2001). Para diferenciar este tipo de controversias, que no comprenden un desacuerdo real en el ámbito científico, Harker propone llamarlas “controversias creadas” (Harker, 2015).

También, apreciar este conjunto de interacciones sociales al interior del campo científico permite abordar el problema de la demarcación -es decir, intentar responder al interrogante ¿qué es ciencia y qué no?, “buscando algún rasgo diferenciador del conocimiento científico que fuera capaz de distinguirlo con claridad de otros productos culturales” (Diéguez Lucena, 2005; p. 115)- como también poder distinguir entre conocimientos ampliamente aceptados y consolidados e interpretaciones minoritarias y más bien al margen de las corrientes principales. Diferenciar estas cuestiones es considerado fundamental

para interpretar correctamente las controversias científicas y tecnológicas que suelen afectar a la sociedad (Allchin, 2017; Dawson, 2000; Harker, 2015; Ryder, 2001), y los factores sociales de la ciencia son señalados como una herramienta sumamente valiosa para lograrlo (Collins y Evans, 2007; Cunningham y Helms, 1998; Dolphin y Dodick, 2014; Zemplén, 2009).

Zemplén (2009) explica que los criterios de demarcación de carácter sociológico pueden ser mucho más útiles para distinguir entre ciencia y pseudo-ciencia -o incluso mala ciencia- que los argumentos y conceptualizaciones de carácter epistemológico, como el falsacionismo o los criterios que toman en cuenta valores epistémicos como la simplicidad, el poder explicatorio o la testabilidad. Si bien estos pueden ser exitosamente utilizados como criterios demarcatorios, suelen ser más complicados de aplicar para un público no especializado, a lo que se suman los recientes intentos de las pseudo-ciencias de imitar estos aspectos epistemológicos. Para ilustrar esto el autor cita un caso judicial en Estados Unidos en el que se buscaba determinar si el Diseño Inteligente (DI) era susceptible de ser enseñado como una teoría científica en las escuelas. El juzgado terminó por dictaminar que el DI no es una ciencia y por lo tanto no puede ser objeto de estudio como tal en las escuelas. Los argumentos de la corte para resolver el caso no fueron epistémicos, sino principalmente sociológicos, ya que consideró que el DI no es una ciencia debido a que no ha publicado en revistas con sistemas de *peer-review*, no es reconocida por ninguna institución científica prestigiosa ni tampoco ha ganado aceptación en la comunidad científica. Contra la crítica que se suele hacer a la sociología de la ciencia de minar las instituciones científicas

y equipararlas a las pseudociencias, aquí sus criterios sirvieron para todo lo contrario.

Muchas de las propuestas que resaltan el valor de la sociología de la ciencia, y la NdC en general, lo justifican por su potencial como herramienta para que un público lego pueda involucrarse en las discusiones en torno a controversias sobre ciencia y tecnología. Parten de criticar una “visión positivista” de la controversia (Bingle y Gaskell, 1994), según la cual sería posible, para un público no especializado, poder evaluar la información, los datos y las evidencias científicas puestas en juego durante una controversia de manera autónoma y del mismo modo que lo haría un experto. Este enfoque es de suma dificultad, sino imposible, para el público general, dado que muchas veces ni siquiera hay un acuerdo entre los científicos expertos sobre el conocimiento en discusión y para cuya comprensión profunda es necesario un nivel de especialización que no les es posible alcanzar ni siquiera a los científicos de otras áreas temáticas (Allchin, 2012, 2017; Bingle y Gaskell, 1994; Collins, 2007; Collins y Evans, 2007; Cortassa, 2012; Dawson, 2000; Harker, 2015; Hodson, 2012, 2014; Kolstø, 2000a; Nielsen, 2013; Ryder, 2001; Shamos, 1995; Zemplén, 2009). Debido a esto se propone como alternativa desplazar el objeto de indagación por parte del público general, desde la evidencia y los datos científicos hacia los sujetos que enuncian, evalúan y juzgan dicha información y poder decidir quién posee la experticia suficiente para realizar tales tareas. Esta dependencia epistémica, lejos de ser una característica exclusiva del público general, también existe entre científicos, ya que el nivel de especialización de la ciencia actual hace imposible que un científico pueda juzgar de manera autónoma toda la información pertinente,

incluso cuando sea de su misma área de especialización (Allchin, 2004; Goldman, 2001; Hardwig, 1985; Zemplén, 2009). Allchin resume muy bien esto en uno de sus artículos en que aboga por la enseñanza de los aspectos culturales y políticos de la ciencia para la comprensión de las controversias:

“La impresión de que la evaluación realizada por uno mismo puede substituir la experticia científica abre la puerta a errores significativos. (...) El desafío es menos saber *qué* creer que saber *a quién* creerle. Para la mayoría de las controversias sociocientíficas no necesitamos entender tanto qué hace la *evidencia* creíble, sino más bien qué hace al *testimonio* creíble. ¿Quiénes son los expertos y por qué? ¿Cuál es el fundamento de la experticia? ¿Cómo sabe uno cuando alguien más puede evaluar la evidencia efectivamente? ¿Cuándo uno puede confiar en su conocimiento especializado o juicio? En nuestro mundo de conocimiento técnico distribuido, entender la experticia y credibilidad es indispensable para una completa alfabetización científica” (Allchin, 2012: 294) (Cursivas del autor).

Defendiendo este enfoque metacientífico para abordar controversias, Ryder (2001) realiza una revisión de numerosos estudios de casos -provenientes en su mayor parte de los estudios sociales de la ciencia- donde actores externos a la ciencia participaban de controversias, mostrando que si bien el conocimiento científico es importante para la participación en tales casos, aún mucho más importante es el conocimiento *sobre* ciencia. Si bien le otorga un rol preponderante a la epistemología, también resalta varios puntos claves propios de la sociología de la ciencia. Entre estos señala la interpretación de los mismos datos de distinta manera por científicos capacitados y la consiguiente posibilidad de desacuerdos legítimos entre científicos, como también el hecho de que las distintas interpretaciones en una controversia no suelen estar basadas sólo en datos, sino que también influyen en ellas tanto la creatividad, experiencia y trayectoria previa del científico como también las fuentes de financiamiento que recibe.

Así, en contraste a la visión positivista con la que se suelen abordar las controversias, estos autores apoyan lo que Bingle y Gaskell (1994) llaman una “visión constructivista”, resaltando el valor de la naturaleza de la ciencia, y entre ella de la sociología de la ciencia, que permitiría al público no especializado abreviar de sus conceptos y propuestas, pudiendo evaluar la calidad del conocimiento científico en juego y la credibilidad de quienes lo sustentan, a partir de una imagen de ciencia cuya multiplicidad de metodologías dista de ser una cuestión algorítmica; donde son posibles múltiples interpretaciones que no invalidan la labor científica ni son resultado necesariamente de intereses personales o fraudes; donde juegan un rol en la creación de conocimiento no sólo los valores epistémicos, sino también los no epistémicos; una ciencia consolidada en una serie de mecánicas sociales, que mediante la posibilidad de revisión, el *peer review* y los consensos permite avalar un conocimiento en el que se pueda tener relativa confianza y diferenciar de otro tipo de saberes; y donde el contexto social, cultural, político y económico tiene un papel constitutivo en la construcción del conocimiento.

Dicho esto, y frente a los temores de irracionalidad y relativismo anteriormente citados frente a la sociología de la ciencia, muchas de estas propuestas también advierten que no es su intención considerar la ciencia como una actividad irracional y a su conocimiento como un simple producto de la deliberación, sino que la sociología debe ayudar a alcanzar un balance en la imagen de ciencia que tengan los alumnos, que permita considerar tanto el valor de las controversias, las deliberaciones entre científicos, los consensos alcanzados y los factores contextuales, como también el papel fundamental de

la evidencia empírica (Allchin, 2004; Hodson 2011, 2014; Kely et al., 1993; Zemplén, 2009). Como explica Allchin,

“necesitamos dismantelar la impresión mítica que ser social o construido es ser irracional o relativista. La dicotomía racional/social es falsa. La ciencia no puede estar divorciada de su contexto humano. La ciencia es una actividad humana. Y si los humanos erran, entonces la ciencia también lo hará. Necesitamos entender cómo y cuándo los factores sociales promueven la racionalidad, no negar el carácter social de la ciencia” (Allchin, 2004: 937)

De manera similar, Hodson señala que la influencia de factores culturales no es sinónimo de irracionalidad, sino que ambos pueden convivir. Así, propone una "tercera posición" -entre el relativismo extremo y el positivismo ingenuo- donde sin perder su valor y credibilidad, el conocimiento científico y sus procedimientos son moldeados en buena parte por los valores, creencias e ideologías imperantes de la época:

“Creo que deberíamos rechazar la proposición que la ciencia está enteramente determinada por una combinación de intereses personales y conveniencia política, al igual que deberíamos rechazar la proposición que la considera un cuerpo demostrado e incuestionable de conocimiento inamovible. La posición intermedia o balanceada es que la ciencia ha desarrollado ciertos métodos muy robustos y confiables, particularmente un sistema para escrutinar rigurosamente todas las afirmaciones a través de la revisión por pares, pero que el conocimiento producido y los métodos por los cuales es generado y evaluado son profundamente influenciados por consideraciones sociales, económicas y ético-morales. [...] Reconocer que la ciencia es una actividad social, que el foco de las investigaciones científicas es elegido por personas por todo tipo de razones socioculturales, y que los métodos y procedimientos de la ciencia fueron establecidos por personas y son mantenidos mediante la autoridad y la costumbre, no es decir que el conocimiento científico producido es empíricamente inadecuado, socialmente oportuno, creído irracionalmente o probablemente falso. [...] La racionalidad puede ser retenida en nuestra concepción de ciencia mientras simultáneamente se reconozca la influencia sociocultural”. (Hodson, 2011: 116-117)

En estas propuestas podemos identificar no sólo la importancia de la sociología de la ciencia para la educación en ciencias, sino también el rol fundamental que

juega en esta la consideración de las controversias. Estas son consideradas importantes por dos motivos distintos, aunque complementarios. En primer lugar, las controversias científicas son consideradas como ventanas privilegiadas desde las cuales analizar y entender el funcionamiento de la ciencia, al igual que lo hace la sociología del conocimiento. En segundo lugar, estas propuestas resaltan la ubicuidad de controversias que afectan e involucran a la sociedad –las que serían consideradas por la sociología de la ciencia como controversias ampliadas o públicas- y consideran la omnipresencia de estas uno de los principales motivos por los cuales enseñar los aspectos epistemológicos y sociales de la ciencia, los cuales permitirían una toma de decisión informada en el contexto de aquellas controversias. Así, como observa Hodson,

“existe una interacción compleja y reflexiva [entre la NdC y las controversias]: las concepciones más sofisticadas sobre la NdC abren nuevas posibilidades para analizar controversias (...) [mientras que] el involucramiento con controversias importantes y personalmente significativas mejora y refina la comprensión sobre NdC” (Hodson, 2011: 37)

De esta manera, no sólo la sociología, sino también las controversias han atraído el interés de la didáctica de las ciencias (Dearden, 1981; Hofstein et al., 2011; MacKenzie, 2005; Oulton, Dillon y Grace, 2004; Pabon et al., 2015; Ratcliffe y Grace, 2003; Sadler, 2011), a tal punto que se han convertido en un objeto de estudio independiente. Oulton, Dillon y Grace (2004) y Oulton et al. (2004) señalan que la controversia no debe funcionar solamente como un contexto para enseñar otros conocimientos, sino que debe enseñarse también sobre la naturaleza de la controversia. Para esto debería enseñarse un conocimiento genérico de qué es una controversia y cómo lidiar con ella (Oulton, Dillon y Grace, 2004). El tratamiento de estas en clases, según

Ratcliffe y Grace (2003), debería ayudar a fortificar los procesos de decisión en relación a los problemas sociales basados en la ciencia que los alumnos enfrentarán como adultos. Mientras algunos autores abogan por el abordaje de controversias ampliadas solamente, dejando de lado explícita o implícitamente las controversias internas (Hildebrand, Bilica y Capps, 2008; Wellington, 1986), otros en cambio enfatizan la necesidad de abordar también controversias internas (MacKenzie, 2005; Van Rooy, 1997).

Van Rooy (1997) señala cuatro líneas argumentales desplegadas por la literatura para introducir el abordaje de controversias: la línea de la psicología del aprendizaje, la de la sociología del conocimiento, la cívica y social y la ética. La primera valora la enseñanza de controversias por su capacidad para facilitar el aprendizaje del contenido disciplinar, mejorar las habilidades de discusión, resolución de problemas, toma de decisiones, juicios lógicos y racionales, como también estimular la motivación para aprender. La segunda podemos identificarla con los argumentos de los autores citados más arriba, que utilizaban a las controversias como vehículo para enseñar sobre NdC. La línea argumental cívica y social también es propia de varios de aquellos autores, que consideran el abordaje de controversias un elemento imprescindible para capacitar a los estudiantes en lidiar y tomar decisiones en torno a problemáticas que involucren el conocimiento científico. Finalmente, los argumentos provenientes desde la ética se centran en la oportunidad que presenta tratar controversias para desarrollar la capacidad de identificación y apreciación de distintos valores, propios y ajenos, puestos en juego y cómo estos impactan en la sociedad. Este último argumento es central en la nueva corriente de la didáctica de las ciencias que se da en llamar Controversias

Sociocientíficas, la cual busca utilizar las controversias como contextos de enseñanza que permitan percatar a los alumnos de los aspectos morales de dichas controversias, presentar el lado humanístico de las decisiones científicas, considerar las valoraciones éticas y morales, y evaluar el papel que juegan estas durante la toma de decisión y la evaluación del conocimiento científico (Fowler et al., 2008; Zeidler y Sadler, 2008).

Pero la corriente de Controversias Sociocientíficas no se limita a orientar sus investigaciones en base al argumento ético solamente, sino que diversificó sus estudios al resto de las líneas argumentales (Jho, Yoon y Kim, 2014; Karisan y Zeidler, 2017; Kolstø, 2000a, 2000b, 2001; Pitipiorntapin y Topcu, 2016; Sadler, Barab y Scott, 2007; Zeidler y Nichols, 2009; Zeidler et al., 2005) haciendo que el estudio de la comprensión, abordaje y tratamiento de controversias cobre un importante impulso en la educación científica.

Esta corriente, al igual que la NdC, lleva el nombre de su objeto de estudio. Existe un acuerdo más o menos establecido en definir a las controversias sociocientíficas (CSC a partir de ahora) como aquellas problemáticas que tienen una base en la ciencia e involucran frecuentemente conocimiento científico de frontera; involucran también la formación de opinión y la toma de decisiones a nivel personal y social; frecuentemente son difundidas por medios de comunicación que tienen sus propios intereses alrededor del tema; lidian con información incompleta y/o conflictiva; comprenden dimensiones locales, nacionales y globales; involucran 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 CSC

(Aikenhead, 2000; Hildebrand, Bilica y Capps, 2008; Hodson, 2011, 2014; Levinson, 2006; Ratcliffe y Grace, 2003; Rosenthal, 1989; Van Rooy, 1997). Por un lado las controversias 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 madres somáticas y su utilidad en tratamientos terapéuticos. Es decir, aquellas que involucran lo que anteriormente hemos llamado controversias internas. Por otro lado podemos identificar a las controversias en las que 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 disputa, coincidiendo con las controversias externas mencionadas anteriormente. Ejemplo de estas son los debates éticos desarrollados en torno a la utilización de células madres embrionarias y al estatuto del embrión (Delgado y Vallverdú, 2007). Como aclaramos antes, debe tenerse en cuenta que dicha clasificación es artificial y los límites entre ambos tipos de controversias suele ser poroso (Carreira, 2009). De todos modos, esta forma de dividir las controversias nos será útil para analizar los resultados del presente trabajo y relacionarlo 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). Una posible explicación a esto es que dichas disputas cuestionan directamente la imagen positivista sobre la ciencia, ampliamente difundida entre los docentes.

Para poder considerar que un proceso de enseñanza está basado en CSC, Presley et al. (2013) identificaron una serie de requisitos a cumplir. En primer lugar, la CSC 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, la CSC debe ser presentada al inicio de la instrucción y no recién al final de la lección sólo a modo 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. 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 CSC como la descrita pueda ser 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 la oportunidad a los alumnos de participar y discutir los distintos aspectos de la controversia y permita a la CSC ocupar un rol central (Pitpiorntapin y Topcu, 2016; Presley et al., 2013; Zeidler y Nichols, 2009). También necesitará estar familiarizado y poseer una comprensión en profundidad de las CSC que decida abordar en clase (Presley et al., 2013). Dada la importancia del profesor, a continuación revisaremos algunos aspectos y problemáticas que consideramos claves en la interacción entre profesores y controversias.

Los docentes y las controversias

Entre los trabajos académicos que estudian las controversias en la educación científica, aún no se ha prestado la suficiente atención al rol del docente. Si bien en el último tiempo se han realizado diversos estudios al respecto, es ampliamente difundida la indicación sobre la escasez de investigaciones que abordan las concepciones que los profesores tienen sobre las controversias y el modo de llevarlas a la práctica (Van Rooy, 1997; Albe et al., 2014; Genel y Topçu, 2016) , los valores y motivaciones para esto (Lee y Witz, 2009), el uso de materiales curriculares (Forbes y Davis, 2014) y la preparación y formación continua al respecto (Bryce y Gray, 2004; Oulton, Day, Dillon y Grace, 2004). A partir del análisis de la bibliografía sobre el tema podemos identificar varias características, explicaciones, discusiones y sugerencias que surgen en torno a la relación entre docentes y controversias.

La revisión bibliográfica se centra principalmente en docentes de secundaria y en controversias relacionadas con la biología. Esto último por dos motivos. En primer lugar, es el tipo de controversias con las que deben lidiar los profesores en la materia analizada por la presente tesis. En segundo lugar, las controversias que involucran conocimientos biológicos son las más difundidas no sólo en la sociedad y los medios de comunicación, sino también en los estudios de la didáctica de las ciencias durante las últimas décadas (Moreno y Lizo, 2012), como así también las del tipo más identificadas entre los profesores (Cross y Price, 1996; Sadler et al., 2006). La selección de trabajos revisados intenta reflejar la variedad tanto de las metodologías utilizadas (entre las que se encuentran cuestionarios, estudios de caso, entrevistas,

observaciones de clases y análisis documental) como también de los países en donde se han llevado a cabo investigaciones sobre el tema (Argentina, Australia, Brasil, Colombia, Corea, Dinamarca, Estados Unidos, Escocia, Inglaterra, Israel, Portugal y Turquía). Consideramos trabajos provenientes de distintas líneas de la didáctica de la ciencia, por lo que estos utilizan distintos términos para definir su objeto de estudio: controversias, aspectos sociocientíficos, cuestiones controversiales, cuestiones controversiales basadas en la ciencia, problemas sociocientíficos o cuestiones sociales. Sin embargo, en los trabajos publicados a partir del 2006 se puede observar una mayor homogeneización, donde casi la totalidad de papers utilizan el término “controversias sociocientíficas”. Esto puede explicarse por el afianzamiento de la línea de investigación de Controversias Sociocientíficas que se encargó de definir y caracterizar el término como lo describimos anteriormente. Los dos papers analizados posteriores a 2006 que mantienen denominaciones alternativas corresponden a investigaciones de Argentina y Brasil, países que con el resto de Iberoamérica mantienen aún una fuerte tradición en la línea CTS que explicaría estas excepciones. Sin embargo, todos los términos recién mencionados son caracterizados de manera muy similar entre sí haciendo referencia a problemáticas de relevancia social que involucran a la ciencia y la tecnología, y en donde las controversias, en base a su objeto de disputa, pueden ser tanto internas como externas. Debido a esto y para facilitar la lectura utilizaremos indistintamente el término “controversia” y “controversia sociocientífica”⁷ (CSC).

⁷ El término original en inglés es *Socioscientific Issue*. La palabra inglesa *issue* no tiene una traducción literal a nuestro idioma, si bien se podría entender como *cuestión* o *asunto*. Sin embargo, en la literatura en español se ha utilizado tanto el término “controversia” como “cuestión” o “asunto” de modo indistinto. Nuestra decisión de referirnos a “controversia

Conceptualización de las controversias

Al revisar las CSC que los profesores identifican, puede observarse que la gran mayoría de ellos suele reconocer de manera casi exclusiva aquellas controversias externas a la ciencia. Así, entre las CSC mencionadas de modo más frecuente encontramos los límites éticos de la clonación, la utilización de los OGMs, el uso clínico de células madres, 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, Day, Dillon y Grace, 2004; Reis y Galvão, 2004, 2009; Sadler et al., 2006; Tidemand y Nielsen, 2016). Incluso durante la caracterización que suelen hacer de la CSC sobre células madres, una cuestión en donde son reconocidas tanto las controversias internas como externas a la ciencia (Carreira, 2009), suelen definirla sólo en función de las discusiones éticas y morales, sin mención a las discusiones entre científicos sobre la potencialidad de las células madres somáticas. De esta manera, los profesores suelen prestar mayor atención a las discusiones desplegadas en el campo social, donde reconocen dilemas éticos, morales o sociales, pero mostrando mayor dificultad en señalar desacuerdos entre científicos (Aikenhead, 1994; Rosenthal, 1989; Van Rooy, 1993, 1997).

Una posible explicación a la tendencia de los profesores a identificar las CSC exclusivamente desde un punto de vista externalista e ignorar las controversias internas, es que estas últimas pueden entrar en conflicto con la NdC que suelen poseer muchos docentes, que según varias investigaciones de

sociocientífica” se debe no sólo al mayor uso de esta traducción, sino también a la intención de resaltar el carácter controversial y la existencia de desacuerdos en dichas situaciones.

percepción de NdC realizadas en distintas latitudes han mostrado una comprensión de la ciencia por parte de los profesores cercana al positivismo (Adúriz-Bravo et al., 2006; Acevedo-Díaz, 2008; Lederman, 1992; McComas, 1998). Es así que, si bien la gran mayoría de los profesores escoceses de biología estudiados por Bryce y Gray (2004) mediante cuestionarios y entrevistas identificó y resaltó la importancia de las discusiones éticas y sociales sobre la ciencia y biotecnología, no todos en cambio estaban de acuerdo en la existencia de controversias entre científicos. La explicación de esto último solía estar apoyada en una visión de la ciencia positivista, sin 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 estén. En una intervención didáctica entre profesores de biología de Colombia, en la que se analizaba y discutía una controversia sobre la técnica de diagnóstico preimplantacional, González Rojas (2012) notó que la casi totalidad de ellos utilizaban la metáfora del martillo para describir a la ciencia en relación a los valores. Es decir que no la veían como buena ni mala, sino que dependía de cómo se usara. Esta conceptualización de una ciencia libre de valores, como observa la autora, dificulta también la consideración de controversias, especialmente de las desarrolladas al interior del campo científico.

Pero la influencia de la NdC de los profesores no se limita sólo en la dificultad de identificar controversias internas, sino que afecta de modo más general la conceptualización y utilización de estas. Entre los profesores entrevistados por Sadler et al. (2006) en Estados Unidos, una imagen de ciencia marcadamente positivista, según la cual los valores y la ética tampoco tenían lugar en la actividad científica, coincidía con el abierto rechazo a tratar

controversias durante las clases. En caso de que estas surgieran, el profesor manifestó que se hubiese limitado a transmitir los “hechos”, sin involucrarse en las decisiones éticas y morales, lo que creía que se ubicaba por fuera de sus responsabilidades como profesor de ciencias (veremos esta cuestión con mayor detalle más adelante). Una imagen de los científicos entendidos como personas especialmente egoístas y deshonestas debido a sus intereses económicos y políticos, lleva también a asociar a las controversias solamente con las consecuencias peligrosas y devastadoras de la ciencia. Los profesores coreanos entrevistados por Lee, Abd-El-Khalick y Choi (2006) que tenían esta percepción sobre las CSC, guardaban asimismo concepciones generales negativas de la ciencia, entendiendo a esta como el origen de una gran cantidad de males de nuestra sociedad actual y fuente también de temores e incertidumbres. Sintomáticamente, la figura del “científico loco” es evocada por uno de los profesores entrevistados, quien se refiere a este como una de las cosas más aterradoras y peligrosas del mundo. Acompañado a esta imagen negativa también se encuentra la idea esencialista de la existencia de una especie de equilibrio u orden, ya sea natural o religioso, que la ciencia y la tecnología vienen a perturbar, a través de, por ejemplo, la clonación o la manipulación genética de los organismos.

Existen otros aspectos de la naturaleza de la ciencia que en principio son frecuentemente aceptados como correctos -como aquellos de la visión del consenso (Acevedo Díaz, 2008; McComas y Olson, 1998)- pero debido a su síntesis y falta de precisión (Allchin, 2004) pueden ser interpretados de manera tal que produzcan una conceptualización inadecuada de las controversias. Las ideas muchas veces difundidas de que el conocimiento científico 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, Abd-El-Khalick y Choi 2006; Hodson, 2011). De esta manera los desacuerdos entre científicos pasan a entenderse como frutos 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 y cultural” o “la ciencia es afectada por su entorno social e histórico” (McComas y Olson, 1998), pueden ser interpretadas de una manera tan amplia de modo que lleven a pensar que todo contenido científico es también un contenido social. Esta puede ser una de las causas por la que muchos profesores daneses estudiados por Tidemand y Nielsen (2016) nombren a meros contenidos biológicos -como “ADN”, “cadena trófica”, “nutrición” o “bacterias”- como ejemplos de controversias. Si bien estos temas pueden estar involucrados en desacuerdos, dilemas éticos o involucrar una problemática que obligue a la toma de decisiones, no son por sí mismos controversias. Esta difuminación de la diferencia entre controversias y tópicos de enseñanza de la biología coincide con concepciones muy simplificadoras por parte de los docentes, como “la biología es social”, o bien por considerar que todo contenido biológico es controversial (Tidemand y Nielsen, 2016).

Del mismo modo que una imagen positivista dificulta la utilización y una concepción más compleja de las CSC, una naturaleza de la ciencia que tenga en cuenta corrientes metacientíficas más nuevas 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 no sólo introducir el tratamiento de controversias en las aulas, sino también abordarlas de un modo complejo, donde emerjan distintas perspectivas más allá de la científica para entender las problemáticas y donde se muestre que los especialistas no siempre estén de acuerdo en la evaluación de la información disponible (Reis y Galvão, 2004, 2009).

La influencia entre CSC y NdC también pareciera darse en sentido inverso: el conocimiento y familiarización con casos concretos de CSC por parte de los profesores pareciera propiciar una concepción de la ciencia más moderna. En los estudios de caso realizados en Portugal por Reis y Galvão (2004), la identificación y conocimiento por parte de profesores de controversias en torno a los OGMs, la clonación y el trasplante de órganos coincide con una imagen más rica y matizada sobre la ciencia y tecnología. En estos casos la ciencia no sólo es conceptualizada como fuente de preocupación a causa de sus efectos negativos, como en varios de los casos citados anteriormente, sino que también es entendida como una fuente de progreso, debido al mejoramiento que estas tecnologías tienen en la calidad de vida, evitando así una imagen maniquea y esencialista. La consideración de controversias también parece reforzar una concepción de ciencia como una actividad dinámica, en constante evolución, controvertida y con múltiples puntos de contacto con la tecnología y la sociedad (Reis y Galvão, 2008). Para lograr estas mejoras es necesario familiarizar desde temprano a los docentes

con el tratamiento de controversias. Aquellos profesores que durante su formación se han enfrentado a distintos escenarios controversiales y han tenido la oportunidad de argumentar y aplicar conocimiento sobre NdC durante sus discusiones de manera explícita muestran poseer no sólo una comprensión más profunda de las controversias, sino también una imagen de ciencia más cercana a la requerida por los actuales currículos (Sierra y Pérez, 2016; Kutluca y Aydin, 2017).

En cuanto a su conceptualización de las controversias como herramienta y recurso didáctico, la mayoría de los profesores las valoran positivamente y consideran central su rol en la educación científica (Bryce y Gray, 2004; Sadler et al., 2006; Lee, Abd-El-Khalick y Choi 2006; Reis y Galvão, 2008, 2009; Lee y Witz, 2009; Galvão, Reis y Freire, 2011). El abordaje de controversias suele ser ponderado o bien por ser un fin en sí mismo que permite involucrarse en distintas problemáticas, o bien por su valor instrumental para lograr la enseñanza de otros contenidos (Stradling, 1984). En el primer caso, los profesores suelen destacar el desarrollo de los alumnos como ciudadanos capaces de tomar decisiones o incluso involucrarse activamente en las problemáticas sociales que susciten la ciencia y tecnología (Lee y Witz, 2009), mejorar sus habilidades argumentativas y lograr que expresen de manera más informada sus opiniones como también juzgar opiniones ajenas (Lee, Abd-El-Khalick y Choi 2006). Por otra parte, desde un punto de vista instrumental, muchos profesores también suelen considerar a las CSC como potentes herramientas para contextualizar y motivar la enseñanza de contenidos disciplinares (Forbes y Davis, 2008; Tidemand y Nielsen, 2016), facilitar una mejor comprensión de estos (Lee, Abd-El-Khalick y Choi 2006) y comprender y

utilizar los aspectos de la naturaleza de la ciencia (Reis y Galvão, 2008; Lee y Witz, 2009).

Sin embargo, la identificación e importancia dada a las controversias por los profesores no siempre parecieran reflejarse en las estrategias de enseñanza desplegadas durante sus clases (Aikenhead, 2006; Reis y Galvão, 2004, 2009; Pujalte, 2014).

Abordaje de las CSC en el aula

A pesar de que gran cantidad de profesores otorgan un lugar central al 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.

La marginalización de CSC suele ser producto de distintas estrategias que los profesores despliegan, de manera consciente o inconsciente, y que tienen como consecuencia otorgarles un lugar, tiempo e importancia mínima respecto a 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 sobre el final de una lección (Reis y Galvão, 2004; Lazarowitz y Bloch, 2005; Sadler et al., 2006). Otro modo de marginalizar las CSC es abordarlas de un modo efímero y superficial, nombrando algunas problemáticas al pasar, dedicándoles apenas unos pocos minutos con algún comentario o pregunta retórica, o bien proyectando una película (Lee, Abd-El-

Khalick y Choi 2006). En cualquier caso, la controversia no pasa de lo meramente anecdótico, sin realizar actividades de discusión y argumentación al respecto. 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 abordar las controversias son por lo general al final de los trimestres y poco tiempo antes o después de los recreos. 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. Incluso en casos donde los profesores deben planificar una clase que tenga como tema central una controversia, sólo le son dedicados los últimos entre 5 y 10 minutos de la lección, que se utilizan para discusiones poco formalizadas (Genel y Topçu, 2016).

Otro modo por el cual se marginalizan las controversias, relacionado con el anterior, es a través de la tendencia de muchos profesores de abordarlas enfocándose exclusivamente, o casi exclusivamente, en el contenido disciplinar, a raíz de lo que Tidemand y Nielsen (2016) llaman una interpretación de las controversias centrada en el contenido. Estos autores observan, a partir de entrevistas y encuestas, que los profesores secundarios de biología de Dinamarca, aún cuando abordan CSC, lo hacen centrados en los contenidos biológicos, otorgándoles prioridad por sobre los aspectos sociales de cada cuestión, sin discutir estos ni problematizar aquellos. Esta prioridad del contenido disciplinar sobre la controversia se manifiesta principalmente a través de tres maneras (Tidemand y Nielsen, 2016):

1. Un uso instrumental de las CSC, donde estas son utilizadas como contexto o motivación para encarar contenidos disciplinares.
2. La evaluación exclusiva de contenidos disciplinares en detrimento de otros tipos de conocimientos o competencias durante los exámenes, lo que resta importancia a la cuestión tanto para los alumnos como para los profesores.
3. Una narrativa reductiva, mediante la cual, como vimos anteriormente, los profesores consideran que todo contenido de biología es social, lo que los hace considerar contenidos meramente disciplinares como ejemplos de controversias. Esto lleva a los profesores a considerar que todo contenido es controversial y postular la imposibilidad de separar la enseñanza de las CSC de la de los contenidos biológicos. Este reduccionismo, en la práctica, termina llevando a que los profesores no aborden realmente ninguna controversia, sino que se enfoquen exclusivamente en la enseñanza de contenido disciplinar puro y duro.

Incluso muchos de los profesores que consideran importante la enseñanza de las CSC por su valor intrínseco y su rol en la mejora de la toma de decisiones, se centran también en el contenido disciplinar como principal herramienta para esto (Tidemand y Nielsen, 2016). De manera similar, los profesores estadounidenses entrevistados por Forbes y Davis (2008) manifestaron que si bien solían incluir el abordaje de CSC, este tenían como principal objetivo el aprendizaje de conocimiento disciplinar y no tanto la discusión, argumentación y tratamiento de controversias como un objetivo *per se*. También es típico el caso de los profesores ingleses encuestados por Oulton, Day, Dillon y Grace (2004), quienes manifestaban abordar controversias al menos una vez por

trimestre, pero que señalaban que al hacerlo siempre se apegaban a los hechos, es decir, al contenido científico.

Podemos encontrar las causas de esta interpretación de las controversias centrada en el contenido en tres factores muchas veces entrelazados: a) la imagen y rol que se atribuyen los docentes de ciencia como tales, b) la importancia capital otorgada a la evaluación autónoma de información científica para la toma de decisiones en una CSC y c) una imagen de ciencia positivista. Si bien ya hemos hablado de este último factor en el apartado anterior, volveremos a abordarlo en el contexto de esta situación, relacionándolo con los otros dos factores.

Los profesores que centran su enseñanza en el contenido disciplinar, ya sea ignorando o bien marginando las CSC, suelen poseer una percepción de sí mismos como meros transmisores de conocimiento científico. Esta 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, 2016). Existe el temor de que el tratamiento extensivo de controversias desafíe o incluso devalúe sus conocimientos y pierdan su posición de “guardianes de la verdad”, frente a las incertidumbres e imprecisiones que muchas veces rodean tales situaciones (Aikenhead, 2009; Hughes, 2000; Reis y Galvão, 2008). Así, percibiendo de esta manera su rol como docentes de ciencia, en el mejor de los casos los profesores consideran a las CSC sólo desde el punto de vista disciplinar,

dedicándose exclusivamente a la transmisión de contenido biológico (Bryce y Gray, 2004; Oulton et al., 2004). Y es que también -y aquí entra el segundo factor- muchos profesores consideran que para la resolución de una controversia, por parte de alguien que no es especialista en el tema, es suficiente (y posible) conocer y evaluar correctamente todos los hechos y evidencias científicas pertinentes (Nielsen, 2013; Forbes y Davis, 2008; Tidemand y Nielsen, 2016). Este modo de entender las controversias se manifiesta en los profesores manteniendo una actitud neutra frente a las CSC durante las clases y “apegándose a los hechos”, 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, 2016). Esta idea de que la evaluación autónoma del conocimiento y las evidencias científicas juegan un rol central en la resolución y toma de decisiones es en buena medida, advierte Nielsen (2013), una consecuencia del énfasis excesivo que los trabajos e investigaciones del área de SSI suelen poner en la evaluación autónoma por parte de los alumnos de evidencias e información científica, considerándola no sólo posible, sino también fundamental a la hora de argumentar y decidir en una controversia.

Finalmente, volvemos a mencionar el importante papel que juega la NdC, 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 la capacidad de estos en conceptualizar y abordar controversias. Entender el carácter provisional de la ciencia, sus dimensiones éticas y morales y las relaciones entre ciencia, tecnología, y sociedad son

factores decisivos para poder implementar cuestiones controversiales en el aula y considerar las limitaciones de la evidencia científica y su flexibilidad interpretativa (Van Rooy, 1997). En contraposición, aquellos profesores con una imagen de ciencia positivista, en caso de tener que tratar alguna CSC, manifiestan hacerlo “apegándose a los hechos” (Oulton et al., 2004; Sadler et al., 2006). De manera similar, profesores con una concepción de la ciencia como algo completamente neutra y objetiva, al enfrentarse a una CSC suele realizar una rígida jerarquización y separación entre lo subjetivo y lo objetivo, ubicando la experticia y el conocimiento científico en este último (Hughes, 2000). Así, una NdC positivista suele coincidir con una concepción también positivista y tradicional de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias en los profesores (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 contaria, 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.

A pesar de lo anterior, no siempre estas creencias constructivistas tienen una traducción directa en la práctica (Duschl y Wright, 1989; Lederman, 1992, 1999; Jiménez, 1996; Pujalte, Adúriz-Bravo y Porro, 2014; Pujalte et al., 2014). Incluso a los profesores con concepciones más holísticas sobre la NdC y las controversias les cuesta muchas veces cuestionar la idea de que estas podrían abordarse limitándose a los hechos y señalar que estos suelen estar sujetos a una variedad de interpretaciones y opiniones (Oulton et al., 2004). Y es que los docentes pueden tener una concepción contextualista del conocimiento científico, entenderlo como un saber provisional y cargado de valores, pero entendiendo a este sólo desde una perspectiva muy general, de modo tal de no poder apreciar estas características en los contenidos biológicos específicos, propios de los diseños curriculares, ni transponerlas a la práctica en el aula (Lederman, 2006; Pujalte, Adúriz-Bravo y Porro, 2014; Van Rooy, 1997). También suele pasar que las limitaciones mencionadas por los docentes debido a las exigencias del currículo, el tiempo limitado y la presión para enseñar para los exámenes obliga a muchos profesores a estructurar sus clases de manera que el contenido es enseñado como un conjunto de conocimientos cerrados, incuestionables y descontextualizados, sin lugar para una mirada más adecuada sobre la ciencia, incluso cuando estas emerjan durante las entrevistas. Los tipos de estrategias utilizadas debido a estas limitaciones suelen ser del tipo tradicional, lo que permiten cubrir mucho contenido pero de una manera pasiva donde el tratamiento de controversias no tiene lugar y se fortalece la imagen de objetividad y neutralidad del conocimiento científico (Occelli et al., 2014; Reis y Galvão, 2004; Van Rooy, 1997).

La utilización de estrategias tradicionales es también una dificultad en sí misma 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; Ocelli et al., 2014). La CSC, susceptible de diferentes interpretaciones y marcos contextuales, es 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 (Ocelli 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, 2016). Cuando no se posee confianza respecto a la cantidad o adecuación del conocimiento las clases se tornan más constreñidas y controladas por el profesor, dificultando las instancias de discusión y tratamiento de controversias

(Van Rooy, 1997). Es decir, que al ser enfrentados con contenidos con los que no están familiarizados, como suelen ser los OGMs, células madres o avances recientes de la biotecnología, los profesores utilizan mecanismos para clausurar la posibilidad de que emerjan discusiones. Por otro lado, una escasa confianza en las habilidades pedagógicas, como en guiar a los alumnos en un proceso argumentativo o bien lograr interesarlos en esta, hace que los profesores decidan no abordar una controversia u otorgarle un tiempo marginal en la clase (Van Rooy, 1997; Bryce y Gray, 2004; Dos Santos y Mortimer, 2009). Este último factor pareciera ser incluso más importante que el anterior, ya que se ha observado que cuando los profesores no poseen suficientes conocimientos biológicos pero sí confianza en este otro aspecto, suelen abordar controversias, si bien restringiendo la elección del tema por parte de los alumnos y eligiendo una temática en la que se sientan cómodos (Van Rooy, 1997).

Entre las estrategias de carácter más participativo que suelen usar los profesores encontramos la organización de discusiones entre toda la clase, juegos de rol, debates, actividades de redacción y argumentación y actividades de investigación independiente (Oulton et al., 2004; Sadler et al, 2006; Reis y Galvão, 2009; Forbes y Davis, 2008). Pero incluso cuando este tipo de intervenciones son utilizadas, no siempre logran su cometido debido a la falta experiencia y tiempo del que disponen los docentes (Bryce y Gray, 2004; Oulton, Dillon y Grace, 2004; Genel y Topçu, 2016; Tidemand y Nielsen, 2016). Entre los principios que suelen guiar a los docentes para implementar estas actividades se destaca la intención de mantener una posición neutral y ofrecer una visión balanceada de la discusión (Cross y Price, 1996; Oulton, Dillon y

Grace, 2004; Sadler et al., 2006; Lee, Abd-El-Khalick y Choi 2006; Forbes y Davis, 2008). Los profesores evitan incluir opiniones y valores personales debido al temor de ser considerados parciales, influir en sus alumnos o incluso por temer repercusiones legales de parte de los padres de los estudiantes o de la misma escuela (Lazarowitz y Bloch, 2005; Sadler et al., 2006; Lee, Abd-El-Khalick y Choi 2006; Tidemand y Nielsen, 2016). Oulton et al. (2004) señalan que estos modos de abordar y discutir controversias son de por sí objeto de controversia en la didáctica de la ciencia. Aunque esta postura de intervenir desde una postura neutra es recomendada desde algunos trabajos, como el de Stenhouse (1969), otros autores la consideran no solo difícil de mantener, sino como algo que tampoco es deseable, ya que atentaría con la confianza que se haya podido formar entre el profesor y los alumnos (Stradling, 1984). La postura de neutralidad es criticada también por la concepción implícita y simplista que se tiene sobre los alumnos, considerándolos vacíos de toda opinión y prestos a absorber cualquier valor o postura ajena que se les ofrezca (Lee, Abd-El-Khalick y Choi 2006). Por su parte, tampoco todos los docentes están de acuerdo con esta estrategia, ya que algunos consideran que la expresión de los propios valores es inevitable, ya sea porque no es posible mantenerlos fuera de la discusión, o bien porque lo consideran su responsabilidad como educadores (Sadler et al., 2006). Una alternativa a estas posturas comúnmente sostenidas es, sin dejar de mostrar distintas interpretaciones y perspectivas, que los profesores presenten y hagan explícita su adhesión a determinada postura, lo que daría a los alumnos la oportunidad de discutirla, plantear alternativas y desarrollar una mirada crítica que permita

identificar los sesgos e identificar las distintas miradas (Kelly, 1986; Oulton, Dillon y Grace, 2004; Oulton et al., 2004).

Otro principio casi omnipresente que los profesores tienen para presentar y discutir las controversias es presentar a estas de manera balanceada, para así permitir a los alumnos el acceso a una variedad de opiniones que les permita tomar sus propias decisiones. Para esto buscan exponer a los alumnos a distintas perspectivas y posturas sobre la controversia, mediante preguntas provocadoras o en el rol de “abogado del diablo”, que susciten la reflexión sobre las distintas interpretaciones, cuestiones morales e intereses. Normalmente relacionada con esta estrategia de ofrecer una visión balanceada está la de apegarse a los hechos (Oulton et al., 2004; Sadler et al, 2006; Forbes y Davis, 2008). Sin embargo estos principios también resultan problemáticos, ya que es necesario la elección subjetiva de los profesores para definir y seleccionar cuáles son los “hechos” más adecuados para enseñar y cuáles evitar (Stradling, 1984; Oulton, Dillon y Grace, 2004). También es cuestionada la posibilidad e incluso la conveniencia de cubrir las distintas posturas por igual (Oulton et al., 2004; Oulton, Dillon y Grace, 2004; Sadler et al 2006). En las CSC que involucran al racismo u otros casos específicos, esta postura no pareciera ser la más adecuada (Dillon et al., 2004; Harker, 2015). Por ejemplo, no sería conveniente poner en igualdad de condición o tratar de manera simétrica la controversia, que podríamos considerar como una controversia creada (Harker, 2015), entre la teoría sintética de la evolución y el Diseño Inteligente. Hacerlo en este caso sería dar una imagen errónea de la situación, dándole a esta última un estatus científico y una credibilidad que no posee. Sin dejar de presentar los principales puntos y

argumentos de este tipo de propuestas para analizar sus debilidades, falacias y falta de argumentos sólidos, no pareciera correcto darles el mismo espacio e importancia que a las teorías y conocimientos científicos donde realmente existe un amplio consenso y gozan de razonable estabilidad (Harker, 2015).

Factores que dificultan el tratamiento de las controversias

Si bien durante los apartados anteriores ya se han nombrado y descrito una amplia serie de factores que obstaculizan o directamente impiden el abordaje de las controversias durante las clases, es intención de este apartado listar otra serie de obstáculos que, aunque también son señalados por los investigadores, constituyen el principal foco de preocupación y justificación por parte de los docentes frente al poco espacio que tienen las controversias en clase, replicándose a lo largo de gran parte de la bibliografía revisada.

Podemos separar los obstáculos más comúnmente nombrados por los docentes en tres grupos o niveles distintos, en función de dónde ubiquen la responsabilidad: en los alumnos, los profesores mismos o bien el sistema educativo.

Aquellos argumentos que responsabilizan a los alumnos de la dificultad de abordar controversias, hacen referencia a la resistencia o directamente apatía que presentan estos al introducir este tipo de problemáticas (Duso y Hoffmann, 2016). Debido a esto, los profesores consideran que los estudiantes no suelen estar interesados en tratar este tipo de problemáticas (Van Rooy, 1997; Lee, Abd-El-Khalick y Choi 2006; Duso y Hoffmann, 2016). Otra explicación que los profesores suelen encontrar a este fenómeno es que o bien los alumnos no son lo suficientemente maduros para realizar

razonamientos complejos, o bien no poseen los conocimientos científicos suficientes para involucrarse en la controversia, lo que les impide participar de procesos argumentativos y de discusiones (Van Rooy, 1997; Lee, Abd-El-Khalick y Choi 2006; Tidemand y Nielsen, 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, 2016), 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, 2016; Forbes y Davis, 2008). La causa de esto es señalada en la falta de capacitaciones específicas, que les permitan involucrarse más profundamente 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 señalan como uno de los principales obstáculos aquellos relacionados con el sistema educativo, siendo prácticamente omnipresente en la bibliografía las menciones 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, 2016).

Sin embargo, todos estos factores no parecen afectar por igual a todos los profesores, ya que ante situaciones similares, muchos logran sin embargo abordar cuestiones controversiales. Por ejemplo, Sadler et al. (2006) señalan que a pesar de que la mayoría de los profesores aducen limitaciones de tiempo, contenidos y exámenes, estos no son determinantes. Entre los docentes estudiados los autores logran identificar un conjunto que, aun mencionando estas dificultades, abordan las controversias de todas formas. De igual manera, Van Rook (1997) matiza la incidencia de los motivos que los profesores suelen citar para justificar la marginalización de las controversias. En un estudio de casos de cuatro profesores la autora observó que los docentes estuvieron dispuestos a abordar controversias, sin importar los factores anteriores, incluso cuando los mencionaban. Hughes (2000) advierte que las quejas respecto a la falta de tiempo o el poco interés de los alumnos podrían ser también una explicación respecto al contenido disciplinar, pero sin embargo utilizan esta justificación exclusivamente para explicar el escaso tratamiento de controversias. Es que, como vimos en el apartado anterior, los docentes otorgan una valoración e importancia menor a este tipo de temas, fruto de la percepción tradicional que los profesores suelen tener de sí mismos como docentes de ciencias. Por eso, son determinantes los objetivos y metas educativas que los docentes se proponen como profesores de ciencia, entre los que se destacan la formación ciudadana, el desarrollar habilidades y conocimientos significativos para la vida, la toma de decisiones y lograr un

conocimiento más profundo sobre la naturaleza de la ciencia (Van Rooy, 1997; Lederman, 1999; Reis y Galvão, 2004; Lee y Witz, 2009). Para esto es clave también que los docentes interpreten de manera flexible el diseño curricular – muchas veces sobrecargado de contenidos, como bien señalan los profesores- y así este no sea un obstáculo como lo es para la gran mayoría. Una interpretación flexible de los documentos curriculares les permite a los profesores agregar o seleccionar temas que involucren el tratamiento de controversias y adaptar la materia a los intereses de los alumnos y su contexto, alineando así la enseñanza de la materia desde los objetivos que cada uno pondere (Reis y Galvão, 2009). De esta manera las controversias pasarían a ocupar un lugar mas prominente si, como expresan Albe et al.,

“los profesores asumen el rol de constructores de currículo (y no sólo de consumidores/ejecutores) y están más preocupados por cómo desarrollar competencias específicas consideradas relevantes por ellos, que con la extensión de los contenidos curriculares. Entonces, son más bien las concepciones sobre el currículo (y no el currículo por sí solo) que emerge como un inhibidor importante de la atención que los profesores prestan a la discusión de CSC” (Albe et al., 2014: 62).

Como intento de ampliar las investigaciones anteriormente mencionadas y a fin de que 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 BGyS son entendidas y llevadas a clase por los profesores de la materia, qué relación guardan con la imagen de ciencia sostenida por estos y qué factores dificultan o facilitan su tratamiento.

La materia *Biología, Genética y Sociedad*

El objetivo del presente capítulo será otorgar elementos que permitan comprender mejor este trabajo de investigación, mediante una contextualización y descripción de la asignatura en el marco de la cual se analizó la conceptualización y abordaje de controversias por parte de los profesores de biología.

Contextualización de la asignatura

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 fue diseñada por la Msc. Adriana Schnek y la Dra. Alicia Massarini -ambas con una amplia experiencia en la enseñanza de la biología- y coordinado por la Lic. Laura Lacreu. 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.

La primera establece que el Estado debe garantizar

“el acceso de todos/as los/as ciudadanos/as a la información y al conocimiento como instrumentos centrales de la participación en un proceso de desarrollo con crecimiento económico y justicia social” (Ley N° 26.206, 2006).

Para tal fin, la ley establece entre los fines y objetivos de la política educativa nacional el

“promover el aprendizaje de saberes científicos fundamentales para comprender y participar reflexivamente en la sociedad contemporánea” (Ley N° 26.206, 2006).

Conforme a esto, la Ley de Educación Provincial establece que

“La educación es una prioridad provincial y constituye una política de Estado para construir una sociedad justa, reafirmar la soberanía e identidad nacional, profundizar el ejercicio de la ciudadanía democrática y republicana, respetar los derechos humanos y las libertades fundamentales y fortalecer el desarrollo económico-social sustentable de la Provincia en la Nación” (Ley N° 13.866, 2007).

Entre los objetivos y funciones de la Escuela Secundaria que establece la Ley provincial se encuentra la de

“Incorporar a todos los procesos de enseñanza saberes científicos actualizados como parte del acceso a la producción de conocimiento social y culturalmente valorado, para comprender y participar reflexivamente en la sociedad contemporánea”. (Ley N° 13.866, 2007)

Teniendo en cuenta el anterior marco y que BGyS se inserta en el último año de la Escuela Secundaria Orientada en Ciencias Naturales, la materia combina dos objetivos distintos y complementarios que buscan otorgar una formación científica y humanística: por un lado tiene un propósito propedéutico, es decir, debe preparar al alumnado para una inclusión en el mundo del trabajo y los estudios en el área de ciencias naturales; y al mismo tiempo debe fortalecerlos como ciudadanos independientes y críticos, capaces de tomar decisiones y participar del ámbito democrático (Dirección General de Cultura y Educación, 2011). A partir de este segundo aspecto es que se otorga un importante énfasis al tratamiento de controversias y de la naturaleza de la ciencia, cuestiones ya resaltadas por la Comisión Nacional para el Mejoramiento de las Ciencias Naturales y la Matemática durante el año 2007. Dicha comisión fue conformada por el Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, y como resultado de sus encuentros realizó una serie de recomendaciones sobre la enseñanza de las ciencias que se recopilaron en el documento titulado “Mejorar la enseñanza de las ciencias y la matemática: una prioridad nacional”. Entre ellas se encuentra la necesidad de ofrecer una alfabetización científica que logre interesar e

involucrar al ciudadano en los discursos y debates sobre ciencia, debiendo para esto sortearse los obstáculos de los contenidos científicos descontextualizados de su historicidad y aspectos sociales, como también de una imagen estereotipada de la ciencia y los científicos, presentes hasta ese momento en las materias del área de ciencias naturales (Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, 2007).

En línea con aquel documento, el Consejo Federal de Educación, a través de los Núcleos de aprendizajes prioritarios⁸ (NAP), resaltó la importancia de las controversias al determinar que la escuela debe promover

“la construcción y utilización de modelos científicos escolares, contextualizados en *cuestiones socio-científicas*, a partir del diseño y desarrollo de procesos de indagación científica escolar” (Consejo Federal de Educación, 2012: 2) (cursivas nuestras)

como también

“la identificación e implicación en *problemas científicos actuales de relevancia social* y significativos para los estudiantes, como los vinculados al ambiente y la salud, utilizando conocimientos científicos a partir de una reflexión crítica y un abordaje propositivo” (Consejo Federal de Educación, 2012: 2) (cursivas nuestras)

Estas determinaciones generales se concretizan en el área específica de biología al considerar como objetos fundamentales de enseñanza a las controversias desarrolladas durante la construcción del modelo de doble hélice del ADN, la problematización y debate de la idea de determinismo biológico y las controversias bioéticas, entre las que destaca aquellas sobre la clonación

⁸ Los Núcleos de aprendizaje prioritarios están garantizados por la nueva ley nacional de educación y son aquellos contenidos -acordados entre el Ministerio Nacional de Educación, las provincias y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires- que se consideran comunes para la educación en todas las escuelas del país.

reproductiva y terapéutica, las células troncales y los organismos genéticamente modificados (Consejo Federal de Educación, 2011, 2012).

En cuanto a la naturaleza de la ciencia, coloca a esta en primer plano, al considerar el aprendizaje de las ciencias en una doble dimensión, determinando que no sólo deben enseñarse los modelos y contenidos científicos, sino también otorgar una mirada reflexiva y meta-científica, de modo de lograr

“la construcción de una visión actualizada de la ciencia entendida como una actividad social, de carácter creativo y provisorio, que forma parte de la cultura, con su historia, sus consensos y contradicciones, sus modos de producción y validación del conocimiento, así como la valoración de sus aportes e impacto a niveles personal y social”. (Consejo Federal de Educación, 2012: 2)

Acorde con estas orientaciones, las autoras de BGyS manifiestan haber buscado durante la construcción del diseño que la materia estuviera atravesada por las problemáticas sociales y culturales relacionadas con la ciencia, de manera de poder realizar “una enseñanza a través del debate”⁹. Dichas problemáticas, según las autoras¹⁰, deben ser encaradas de manera multidimensional, sin poner a la ciencia en el lugar preponderante y teniendo en cuenta los diversos actores que participaban, entre los que destacan a la comunidad científica, pero no como un grupo monolítico y homogéneo, sino con sus divisiones.

A continuación buscaremos mostrar cómo estos lineamientos se hacen visibles en la asignatura BGyS, analizando su diseño curricular en función de sus contenidos y el lugar de las controversias propuestas para su enseñanza.

⁹ Entrevista a Laura Lacreu, realizada el 14 de Agosto de 2015.

¹⁰ Entrevista a Adriana Schnek y Alicia Massarini, realizada el 11 de Junio de 2014.

Caracterización de la asignatura

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, en línea con lo propuesto en los documentos citados anteriormente, pretenden abordar tanto contenidos disciplinares como meta-científicos, tomando como contexto de enseñanza distintos casos de controversias y problemáticas 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”. Los contenidos explicitados a enseñar para cada eje están divididos en las categorías de “Conceptos” y “Modos de conocer” (Tablas 1,2 y 3). Mientras que en los primeros se listan contenidos de naturaleza tanto disciplinar como meta-científica, los segundos contienen actividades a realizar a partir de aquellos conocimientos, como también la discusión de las controversias que estos suscitan. A continuación veremos el lugar que estas últimas ocupan en la asignatura.

Conceptos	Modos de conocer
<p>ADN y herencia. El ADN nuclear: estructura y características. El concepto de genoma: el genoma humano. El parentesco genético, mecanismos de herencia. Genealogías.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis e interpretación de datos genéticos referidos al caso tomado como ejemplo. • Análisis e interpretación de tablas de organización de la información. • Análisis e interpretación de técnicas de separación de macromoléculas como la electroforesis en gel, PCR y secuenciación de ADN y proteínas. • Construcción y análisis de genealogías. • Análisis de casos de filiación mediante la lectura de artículos de diario o la consulta a los organismos de derechos humanos. • Debate sobre identidad: aspectos genéticos, históricos y culturales. Análisis crítico del determinismo genético.
<p>El papel de la genética en la historia reciente. Enfermedades hereditarias, diagnóstico y terapias génicas. La identificación de personas, identidad y filiación. Historia de las técnicas para establecer filiación: análisis de grupos sanguíneos; reconocimiento de lo propio y ajeno por medio del sistema inmunitario; variabilidad del ADN nuclear y marcadores genéticos como códigos de barra. ADN mitocondrial; marcadores genéticos en la saliva y el pelo; forma dentaria; uso de técnicas de multiplicación de ADN; secuenciación de DNA; antropología forense.</p>	

Tabla 1. Síntesis de contenidos a trabajar en el Eje *Herencia, identificación de personas y filiación* (DGCyE, 2011: 91).

Conceptos	Modos de conocer
<p>Reproducción sexual y asexual.</p> <p>Desarrollo embrionario. Distintos tipos celulares. Células madre: totipotencialidad, pluripotencialidad y multipotencialidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretación de experimentos modelo como los que sintetizan el procedimiento para la clonación de la oveja Dolly. Interpretación de esquemas y gráficos que describen la técnica. • Interpretación de videos sobre división celular, diversos estadios del embrión y formación de tejidos.² • Búsqueda y análisis de noticias periodísticas y de artículos de divulgación • Análisis de legislaciones sobre el uso de células madres y clonación en humanos de diversos países. Indagación sobre el estado de la investigación. • Consulta con especialistas en forma presencial o por medio de Internet sobre problemas éticos actuales (por ejemplo, la conservación de células madre procedentes de la sangre del cordón umbilical o el de los "bebés medicamentos"), y participación en debates. • Discusión y debate de películas como <i>La decisión más difícil</i>. • Realización de experiencias: obtención de callos a partir de diferentes partes de plántulas y micropropagación de plántulas.
<p>Clonación. Fundamentos de la técnica. Historia de la clonación de organismos: clonación vegetal, clonación animal, clonación terapéutica, clonación de organismos transgénicos con fines productivos. Medicina regenerativa.</p>	
<p>Aspectos filosóficos, jurídicos, sociales y éticos. Marco legal y regulatorio.</p>	

Tabla 2. Síntesis de contenidos a trabajar en el Eje *Clonación y células madres* (DGCyE, 2011: 95).

Conceptos	Modos de conocer
Recorrido histórico de la agricultura y la ganadería. Tecnologías tradicionales de mejoramiento de cultivos y animales para el consumo humano. La introducción de la ingeniería genética en la producción. Concepto de OGM.	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretación de experimentos y modelos referidos a las principales técnicas tradicionalmente empleadas para el mejoramiento de cultivos y las actuales técnicas empleadas por la ingeniería genética. • Búsqueda y análisis de artículos periodísticas y de divulgación. • Análisis de legislaciones de diversos países sobre OGM y biocombustibles. Indagación sobre el estado de la investigación. • Participación en debates sobre problemas actuales tales como: "Ventajas y riesgos asociados a los métodos tradicionales de mejoramiento animal y vegetal, y a los actuales métodos de la ingeniería genética en nuestra región: el caso de la soja transgénica RR"; "Ventajas, desventajas y riesgos asociados a la producción de biocombustibles en los países del Mercosur". • Análisis crítico de argumentos de diferentes fuentes. Identificación de la trama de actores involucrados y de sus conflictos de intereses. Consulta a especialistas.
Ingeniería genética. Genes estructurales y genes reguladores. Interacciones entre genes. Tecnologías del ADN recombinante. Enzimas de restricción. Vectores para el transporte de secuencias del ADN. Obtención de proteínas recombinantes.	
Procesos industriales de producción mediante organismos transgénicos. Bacterias, animales y plantas transgénicas: métodos de obtención y usos potenciales. Introducción de organismos transgénicos en sistemas abiertos. Concepto de escape genético.	
Biocombustibles. Fundamentos y métodos de obtención. Ventajas, desventajas y riesgos de su producción y uso en nuestra región.	
Marcos regulatorios de las actividades biotecnológicas. Aspectos sanitarios, ecológicos y evolutivos. Aspectos económicos, sociales y éticos. Principales debates en torno a esta problemática a nivel internacional, regional y nacional.	

Tabla 3. Síntesis de contenidos a trabajar en el Eje *Bioteología y producción agropecuaria* (DGCyE, 2011: 100).

El lugar de las controversias en BGyS

Lejos de considerarse a las controversias solamente como vehículos de contenidos disciplinares, estas ocupan un lugar central en el desarrollo de BGyS. El diseño curricular considera en su introducción que la materia debe permitir la participación de los alumnos en las "principales problemáticas científico-tecnológicas contemporáneas, sus procesos de construcción y sus controversias", de modo que puedan involucrarse de una manera informada y así tomar decisiones en torno a estas. Para esto considera como principal

herramienta la democratización del conocimiento científico, pero aclarando que este

“no significa que todos los ciudadanos conozcan en detalle las últimas y más sofisticadas teorías científicas. Se trata, más modestamente, de garantizar mediante la educación, la posibilidad de acceder al conocimiento necesario y suficiente para discernir sobre las cuestiones que entran en juego en la toma de decisiones personales y al definir políticas en ciencia y tecnología. De este modo, los ciudadanos y ciudadanas pueden optar lúcidamente entre distintas opiniones expertas” (DGCyE, 2011: 83)

De esta manera, la propuesta del diseño y su idea de democratización de la ciencia se aleja de una visión positivista de la controversia, según el cual la educación científica debe permitir al ciudadano participar de la toma de decisiones dotándolo del manejo en profundidad de los conocimientos científicos y tecnológicos involucrados en la discusión y así poder evaluar autónomamente la información científica. En cambio, considera que la democratización del conocimiento involucra

“la incorporación de la idea de “no neutralidad” de la ciencia y la tecnología, entendiendo que sus marcos teóricos y modelos no son universales y que sus aplicaciones no son necesariamente progresivas sino que constituyen resultados contingentes de procesos sociales de construcción, que ocurren en un determinado contexto sociohistórico, cultural y filosófico” (DGCYE, 2011: 83)

Es así que la materia no niega la asimetría de conocimiento entre expertos y ciudadanos, sino que parte de reconocerla y adopta lo que anteriormente definimos como una visión constructivista de la controversia, según la cual el conocimiento de segundo grado sobre la ciencia y la posibilidad de “optar lúcidamente entre distintas opiniones expertas” son más importantes para la toma de decisiones que la evaluación autónoma de la evidencia a través del una profunda comprensión del conocimiento científico. Sin embargo, esto no

significa que el conocimiento disciplinar no sea considerado importante, sino que su enseñanza es también considerada fundamental para la comprensión de las controversias:

“En el marco de estos análisis [del impacto de los conocimientos biológicos], se introducirán o profundizarán los conocimientos biológicos necesarios para una comprensión sustantiva y fundamentada de las problemáticas que se traten.” (DGCyE, 2011: 84)

Controversias propuestas

Las problemáticas sugeridas para tratar en los tres ejes temáticos coinciden con la definición de CSC que dimos en el capítulo anterior. La única problemática propuesta que no corresponde con dicho perfil es uno de los casos propuestos para el primer eje, que aborda el papel de la genética en la identificación de víctimas de la última dictadura cívico-militar. El caso, más que una CSC, es un recorrido histórico por la labor de la organización Abuelas de Plaza de Mayo y las técnicas de identificación utilizadas para encontrar a los hijos apropiados de desaparecidos. El diseño curricular propone abordar la historia de la organización, la creación del Banco Nacional de Datos Genéticos y el Equipo Argentino de Antropología Forense, así como la relación bidireccional que se estableció entre el reclamo de las Abuelas y los avances de la genética en identificación de personas, mostrando no sólo cómo la ciencia y tecnología influyen en la sociedad, sino también cómo estas son direccionadas e influidas por aquella.

Eje	Controversia	Casos mencionados
1. Herencia e identificación de personas y filiación	Determinismo genético	Uso y manejo de la información genética
2. Clonación y células madres	Clonación terapéutica y reproductiva Almacenamiento de células madres Reproducción asistida con fines terapéuticos	- - Caso Javier Mariscal Puerta “La decisión más difícil” (Película)
3. Biotecnología y producción agropecuaria	Producción y utilización de OGMs Producción de biocombustibles	El cultivo de soja transgénica resistente a Glifosato -

Tabla 4. Controversias y casos mencionados en el diseño curricular de BGyS.

En la tabla 4 pueden apreciarse las controversias propuestas a lo largo de los tres ejes. 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. Frente a la preponderancia que se ha dado -y aún suele dársele- a los genes en estas cuestiones, la materia propone considerar otros factores, como los ambientales, económicos, sociales y culturales. 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 GATTACCA¹¹, 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. Para abordar dicha problemática desde un caso

¹¹ GATTACCA, película de ciencia ficción de 1997, dirigida por Andrew Niccol.

histórico, también se propone discutir el papel del determinismo genético en el genocidio nazi y las políticas estatales de segregación racial de distintos países. Acorde con esto, entre los objetivos de aprendizaje específicos de este eje se encuentra que los estudiantes deben ser capaces de

“involucrarse en debates que tengan como base la discusión sobre las relaciones entre la identidad genética y la identidad cultural e histórica de las personas, y puedan abordar el análisis crítico del determinismo genético, en la dimensión personal y en episodios históricos”. (DGCyE, 2011: 91)

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 reproductiva¹², donde se mencionan las discusiones en torno a las consecuencias y regulaciones de ambos tipos de clonación. Respecto a las controversias en torno a 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 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. En torno a este procedimiento médico, se menciona las discusiones en torno a la selección de

¹² 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.

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”¹³. A través del tratamiento de estas controversias, los estudiantes -según uno de los objetivos de aprendizaje específicos del eje que se conectan directamente con el tratamiento de estas controversias- deben ser capaces de

“involucrarse en debates que tengan como base la discusión sobre la conservación de células madre, la clonación con fines terapéuticos y la clonación de animales con fines vinculados a la producción de alimentos y fármacos”. (DGCyE, 2011: 95)

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 diferencia o no sustantiva 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 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”¹⁴. Es interesante señalar que si bien estas discusiones en torno a

¹³ 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.

¹⁴ 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

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. Entre los objetivos de aprendizaje específicos relacionados con el tratamiento de estas controversias se encuentran los siguientes:

“Reconocer la existencia de conflictos de intereses que involucran una multiplicidad de actores en problemáticas tales como el cultivo extensivo de OGM o la producción de biocombustibles.

Desarrollar un pensamiento autónomo que sustente la toma de posición frente a estas problemáticas, integrando el conocimiento científico-técnico y el sociohistórico en un marco que incorpore valores tales como la equidad, la justicia, la inclusión social, la sustentabilidad ambiental y la solidaridad con las futuras generaciones.

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.

Participar en debates, foros e intervenciones comunitarias que permitan ejercer prácticas de participación ciudadana, con opiniones fundadas”. (DGCyE, 2011: 100-101)

Dado el lugar protagónico que ocupan las controversias en el diseño curricular de la materia, como la variedad de las mismas, creemos que BGS es un ámbito propicio para estudiar la conceptualización y el abordaje que los profesores hacen de las mismas.

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 tres docentes de BGyS, recurriendo a la triangulación de datos a partir de la realización de entrevistas, la observación de clases y el análisis documental. Dos de las docentes estudiadas (Valeria y Carolina) dictaban su asignatura en una escuela secundaria pública del partido de Florencio Varela, mientras que la restante (Beatriz) lo hacía en una escuela secundaria pública del partido de Avellaneda. Ambos secundarios, dada la naturaleza de la materia analizada, eran de la orientación 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 las docentes y realizar la observación de clases. Los nombres originales de las docentes fueron cambiados para preservar su privacidad.

La investigación consistió en la realización de entrevistas semi-estructuradas a las profesoras, donde se buscó indagar en a) sus trayectorias y *backgrounds* profesionales, b) la imagen que poseen acerca de la naturaleza de la ciencia, c) sus concepciones respecto a la materia BGyS, d) cuáles son las controversias que identifican en la asignatura y e) los factores que posibilitan y/o dificultan la inclusión de controversias sociocientíficas. Las entrevistas fueron realizadas entre los años 2013 y 2017, si bien la mayoría de estas se concentran en el 2016.

Por otra parte, también se recurrió a la observación de clases y al análisis documental relacionado a estas, durante el año 2015 para el caso de Beatriz y

2016 para los de Valeria y Carolina. 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 las concepciones de la naturaleza de la 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 complementario 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 BGyS por parte de las profesoras, el lugar e importancia que estas les otorgan durante su abordaje en las clases, las estrategias utilizadas para esto y los factores que influyen en esto.

Resultados

A continuación presentaremos los casos de las tres profesoras que han sido objeto de estudio -y que hemos denominado Valeria, Carolina y Beatriz- desplegando, para cada caso, los resultados obtenidos tanto de las entrevistas como de las observaciones de clase y análisis de documentos. Dividiremos el análisis de cada caso en una descripción general sobre la profesora, siguiendo con una descripción sobre la imagen de ciencia, la concepción que posee sobre la materia BGyS y finalmente con un apartado que detallará las controversias identificadas y el modo de abordarlas en las clases.

Valeria

Valeria tiene 52 años y ejerce la docencia desde hace 20. Comenzó a realizar el Profesorado en Ciencias Naturales al egresar de la secundaria en el Instituto Superior de Formación Docente y Técnica N° 24 de Bernal, pero al poco tiempo abandonó los estudios. A mediados de los años 90' comenzó a trabajar como preceptora en un colegio secundario, hasta que en 1997, por sugerencia de sus colegas, decidió empezar a dar clases de biología en algunas escuelas. Valeria explica que allí, frente al aula, redescubrió su pasión por enseñar y decidió retomar el profesorado en el mismo instituto que había abandonado hacía 15 años. En 2002 finalmente se recibió como profesora de biología con trayecto en ciencias naturales.

Valeria dicta BGyS desde el 2012, año en que dicha materia comenzó a impartirse. Actualmente es profesora de la materia 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 ejerce como docente en un profesorado de biología, donde está a cargo de las materias *Taller de definición informacional e Introducción a las ciencias naturales*. Posee numerosas capacitaciones y cursos de perfeccionamiento, entre ellos el curso específico de la materia BGyS impartido por el Centro de Informaciones e Investigaciones Educativas (CIIE) de su región, organismo de capacitación perteneciente al gobierno provincial, como también un curso de capacitación en biotecnología dictado por el programa educativo *Por Qué Biotecnología* de la ONG ArgenBio¹⁵, cuyo material didáctico Valeria utiliza en la materia. En el año 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.

Valeria 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 le estimula encontrar nuevas formas y miradas para abordar sus clases, ya que de otro modo se aburriría. Siempre trata 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).

¹⁵ ArgenBio es el Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología que tiene como objetivo difundir y promover la biotecnología en el país. Sus miembros fundadores son BASF, Bayer, Bioceres, Dow AgroSciences Argentina, Monsanto Argentina, Nidera Semillas, Pioneer Argentina y Syngenta Seeds. Entre sus acciones de divulgación cuenta con el programa educativo *Por Qué Biotecnología*, encargado de otorgar capacitación gratuita sobre biotecnología a docentes de todos los niveles.

Imagen de ciencia

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

Gracias a aquellos cursos y a la Licenciatura en enseñanza de la biología que comenzó a cursar aquel año, comenzó a adoptar una nueva perspectiva, entendiendo a 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 constante “ir y venir” entre estos 3 ámbitos (Valeria, 2013).

Valeria no sólo percibe este “cambio de paradigma” -como ella 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, en lo que Tsai (2002) llamaría una epistemología anidada:

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 reconoce que la capacitación y la licenciatura le dieron una nueva perspectiva que le permite abordar distintas controversias, donde reconoce la existencia de desacuerdos incluso entre científicos al interior de la ciencia. Encuentra la causa de ellos no en la obtención de distintos datos durante la labor científica, sino más bien en el modo en que los mismos datos son interpretados de manera distinta de acuerdo a la subjetividad e intereses de cada científico:

Se supone que vos todos los datos, hechos variables, todas esas, en el momento de discutirlo lo *tenés* que saber. Mínimo, mínimo. Después vos 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, Valeria recurre a la serie de televisión *Dr. House* y compara las discusiones entre científicos con las reuniones que el protagonista de la serie 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. Surgen ideas y bueno, 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 es reforzada y se visibiliza cuando ocasionalmente Valeria relaciona e identifica a los científicos como personas excepcionalmente organizadas y cuyos resultados son obtenidos a través de un método científico, único y universal.

La tensión entre una imagen positivista y otra constructivista de ciencia también se visibiliza durante las clases, al momento que la profesora aborda – durante el primer eje- los casos históricos de implementación de políticas eugenésicas en Estados Unidos y Alemania a principios y mediados del siglo XX, ya que son utilizados para tratar explícitamente algunos aspectos de la naturaleza de la ciencia. Los casos son traídos al aula a partir de la lectura de un texto titulado “El papel de la genética en la historia reciente”, de Victor Penchadzadeh. En el mismo se plantean, a modo de contrapunto, dos hechos de la historia del siglo XX donde la genética estuvo involucrada: por un lado las políticas de segregación, esterilización y genocidio (esto último en el caso alemán) implementadas en la primera mitad del siglo por Estados Unidos y distintos estados de Europa; y por otro el proceso de búsqueda y recuperación de hijos de desaparecidos durante la última dictadura cívico-militar por la organización de Abuelas de Plaza de Mayo. El texto explica el rol y responsabilidad de los científicos en ambos sucesos y cómo la genética es influida por los valores e ideologías de la época, pudiendo servir tanto para vulnerar como para proteger los derechos humanos. Valeria aprovecha la mención de estos casos para explicar que allí los científicos actuaron como partes interesadas, buscando justificar la influencia determinante de la herencia

en las características de las personas, como la pobreza, las adicciones o la inteligencia, y así apoyar determinadas políticas. También señala que aquí puede verse cómo los valores e ideologías de la época influyen en los científicos, así como los gobiernos ejercen una influencia determinante al financiar determinadas líneas de investigación.

Durante las actividades planteadas a partir del texto, Valeria puso especial énfasis en la relación entre ciencia y neutralidad. Sin embargo, de sus explicaciones en el aula se deriva una ambigüedad en torno al tema. En numerosas ocasiones hace referencia a la falta de neutralidad de la ciencia en dos sentidos distintos, no necesariamente excluyentes. Por un lado se refiere a la influencia de la ideología, valores e intereses de los científicos, y la sociedad en general, en el modo de hacer ciencia y en el conocimiento así producido:

Los científicos que investigan son personas, y están atravesadas 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 en algo que piensen. Si en otras épocas se discriminaba, por ejemplo, a alguien alcohólico y se pensaba que el alcoholismo era hederable, seguramente el científico que estaba investigando también iba a seguir con el pensamiento de esa época.¹⁶

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 menciona 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

¹⁶ Observación de clase realizada el 15 de Junio de 2016.

comunidad científica [...] quisiera trabajar para erradicar el mal de Chagas. Si el estado no promueve o no apoya económicamente, ¿cómo lo lograría? Sería como muy difícil.¹⁷

Y también utiliza a modo de ejemplo los avances realizados 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.²

De esta manera, Valeria reconoce la ausencia de neutralidad, tanto al interior como al exterior de la ciencia. Sin embargo, en otros momentos parece abandonar la primera concepción de neutralidad y sólo adherir a la segunda, considerando a la ciencia y los científicos neutros e independientes de la sociedad, cuyo conocimiento es utilizado de mala o buena manera por otros. Esto se puede observar, por ejemplo, en la respuesta de Valeria a una alumna que le plantea que la ciencia posee elementos tanto positivos como negativos, y que entre estos últimos, según habían visto en algunos casos históricos, podía ser fuente de discriminación:

En realidad siempre está dependiendo de quién la usa ¿no? Todo está, como quién dice, desde el punto de vista de quien mire.¹⁸

De esta manera, la imagen de ciencia -y especialmente del científico y el conocimiento que este produce- oscila en Valeria entre la neutralidad y la carga valorativa.

¹⁷ Observación de clase realizada el 8 de Junio de 2016

¹⁸ Observación de clase realizada el 15 de Junio de 2016

Concepción de la materia

Valeria muestra gran entusiasmo frente a la materia BGyS y dice estar encantada con su diseño curricular. Al leer este por primera vez, la amplitud de los contenidos descritos la apabullaba y frustraba, pero luego de la capacitación dejó de entender al diseño curricular y los contenidos allí citados como prescriptivos, sino más bien como una ventana a muchos temas distintos, entre los que tiene que seleccionar en base a sus propios intereses y los de sus alumnos. El único reparo que hace sobre la materia es la falta de un libro de texto específico para la misma, lo que dificulta el abordaje de algunos temas.

Explica que durante su desarrollo le otorga la misma importancia y tiempo a los contenidos metacientíficos que a los disciplinares y que en todo momento se trabajan ambos aspectos a la vez, ya que considera indispensables a ambos para llegar a la alfabetización científica de los alumnos. Para esto considera fundamental el tratamiento de controversias y destaca en ellas el intercambio de ideas, el saber argumentar y la puesta en común de distintas opiniones. En ellas, sostiene Valeria, no sólo debe ser tenido en cuenta el conocimiento biológico. De manera más general, también cree que el abordaje de controversias puede brindar a los alumnos una manera organizada de construir conocimiento más allá de los contenidos específicos de biología y “que ellos puedan opinar, argumentar, tomar una postura, tomar decisiones en la vida” (Valeria, 2016a). Para el desarrollo de la materia la profesora tiene a modo de guía y resumen del programa un pequeño listado de temas que coincide con la columna “Conceptos” de las tablas “Síntesis de

contenidos a trabajar” del diseño curricular (Tablas 1, 2 y 3 del segundo capítulo del presente trabajo).

Identificación y abordaje de controversias en clase

Al consultarle por las controversias que identifica, Valeria menciona la discusión en torno al determinismo genético, la controversia acerca del papel de Rosalind Franklin en el descubrimiento de la estructura del ADN, la clonación reproductiva y aquellos que giran alrededor de la ingeniería genética y el sector agropecuario.

Si bien identifica como una discusión actual la cuestión del determinismo genético, durante las clases la temática es abordada principalmente en función de los casos históricos mencionados anteriormente sobre las políticas eugenésicas implementadas en Estados Unidos y Alemania, cuestiones que antes que controversiales, son más bien casos históricos donde puede observarse la interacción entre ciencia y sociedad, para lo que de hecho son sugeridos este tipo de casos en el diseño curricular. La profesora en cambio casi no hace referencia a las controversias actuales que tienen como objeto de discusión la ponderación del papel de los genes y el ambiente en la determinación de las características de un individuo, así como el manejo y privacidad de la información genética de las personas, cuestión que también es mencionada por el diseño. De manera ocasional –durante el tratamiento de los casos históricos- menciona la persistencia de la idea del determinismo genético aún en la actualidad, pero sin profundizar ni discutir sobre la temática. Si bien se proyectó la película GATTACCA -la cual planteaba cuestiones susceptibles de ser discutidas en el marco de la controversia recién mencionada- no se

realizó ninguna actividad en torno a la misma, utilizándosela alejada de las clases en que se discutió el tema de determinismo genético y más bien con la intención de interesar a los alumnos en el estudio de la genética que para discutir los conflictos que la obra planteaba.

Durante una de las clases en que se trató la estructura del ADN la profesora repartió y explicó un texto que contaba la historia de Rosalind Franklin y la controversia que la tuvo como protagonista al negarse su papel en el descubrimiento, el rol de la “fotografía 51”¹⁹ en este y la falta de reconocimiento que sufrió durante años. Aquí, el conflicto entre científicos es resaltado (que en este caso involucra una discusión en torno a la autoría y no al conocimiento) como también la influencia de los valores extraepistémicos de la época: las desigualdades de género, destaca la profesora, permitieron y justificaron la discriminación de Franklin y el menosprecio de su papel en el descubrimiento.

Sin embargo la controversia sobre Rosalind Franklin se trató durante pocos minutos en una clase centrada principalmente en la estructura del ADN, en la que se utilizaron algunos datos históricos a modo de contextualización. Por otra parte, el tiempo dedicado a la cuestión del determinismo genético –con los casos históricos incluidos- se redujo a 3 clases y media de las 20 que ocupó el eje y su abordaje fue pospuesto para el final del eje prácticamente sin relacionarlos con los contenidos disciplinares ni con la película mencionada. Las actividades en torno al texto de Penchaszadeh funcionaron, en palabras de

¹⁹ La fotografía 51 hace referencia a una imagen obtenida por Rosalind Franklin y Maurice Wilkins mediante difracción de rayos X y que fue determinante para confirmar la estructura helicoidal del ADN propuesta por Watson y Crick. Wilkins facilitó esta fotografía a Watson y Crick sin el consentimiento de Franklin, cuyo trabajo luego no fue reconocido en la dilucidación de la estructura del ADN.

Valeria, como “la frutilla del postre”, confirmando aún más su carácter periférico. A lo largo de estas clases surgieron algunas discusiones de manera espontánea, pero ninguna se formalizó ni duro más de un par de intercambios. Aunque Valeria explicaba que esto era por falta de interés de los alumnos y la poca atención que prestaban, muchas veces ella misma ignoraba la intervención de los estudiantes o cambiaba bruscamente de tema en el medio de un intercambio cuando parecía no poder contestar algunos planteos o cuestionamientos. La falta de tiempo para cubrir todos los temas del diseño eran otra explicación de por qué no se extendían tanto en estas actividades.

Durante las entrevistas, al hablar sobre clonación reproductiva, Valeria menciona el caso del médico Severino Antinori. Este médico italiano anunció en 2002 el pronto nacimiento de un ser humano que supuestamente había clonado, pero el anuncio, hecho sin el apoyo de pruebas ni publicaciones científicas, al poco tiempo cayó en el descrédito por la mayoría de sus colegas. En dicho caso la profesora encuentra la posibilidad de discutir cuestiones éticas y legales relacionadas con la clonación en humanos, como también abordar el modo de funcionamiento y la dinámica social de la ciencia a partir del conflicto ético que esto suscitó. En dicho conflicto, la profesora identifica como actores a Antinori, a la comunidad científica y a los gobiernos europeos encargados de legislar y prohibir la clonación reproductiva, estos dos últimos actores en abierta oposición a los procedimientos del científico italiano. Aquí, el término “comunidad científica” vuelve a surgir, para dar una idea homogénea y armónica del conjunto de científicos. Sin embargo, vale aclarar que la profesora no parecía estar al tanto del carácter fraudulento de las declaraciones de

Antinori, sino que consideraba que efectivamente el médico italiano había logrado la clonación, lo que muestra un conocimiento limitado del caso.

Si bien este tipo de casos poseen importante incidencia y relación con la controversia en torno a las investigaciones con células madres (Nerlich y Clarke, 2003), 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 madres, pero sin problematizarlas ni discutir las legislaciones referentes al tema -como propone el diseño curricular- ni los desacuerdos entre científicos respecto de la efectividad de las distintas técnicas de obtención de células madres. 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 “está avanzando de manera exponencial” (Valeria, 2016b).

En cuanto al tema clonación, el caso anteriormente nombrado de Antinori nunca es sugerido por la profesora durante las clases, las cuales se limitan a tratar sobre contenidos disciplinares, sin mención de controversia alguna. Para el final del eje Valeria 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 corregirlos sin dar ningún tipo de devolución. La falta de tiempo para tanta cantidad de contenido y el poco interés por parte de los alumnos vuelven a ser los motivos que la profesora esgrime para explicar por qué no se profundizó esta temática durante las clases.

En cuanto a la ingeniería genética y el sector agropecuario son mencionados dos casos distintos. En primer lugar identifica y aborda el caso referido por ella como “caso Azul”, el cual no se encuentra sugerido en el diseño curricular. El caso Azul hace referencia a un incidente ocurrido a mediados de los años 80’ en la provincia de Buenos Aires, durante una investigación que el instituto biomédico Wistar de Estados Unidos llevó a cabo en la localidad bonaerense de manera secreta y sin protocolo de seguridad. Durante la misma, el instituto estadounidense 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 los intereses del instituto Wistar por realizar su investigación en un lugar cuya regulación, o falta de esta, 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. Señala los dilemas éticos del experimento, hecho con total desconocimiento de parte de los sujetos involucrados, encargados de ordeñar las vacas infectadas, y finalmente 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, el mismo 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, sino que se mantuvo al margen y prácticamente no intervino en 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, estas no fueron utilizadas por ellos ni por la profesora para tomar una decisión respecto a la problemática planteada por el caso.

Valeria también identifica una controversia en torno al cultivo de soja transgénica. Entre los problemas en discusión identifica el peligro del monocultivo impulsado por el alto rendimiento de la soja transgénica, las consecuencias que esto trae para la economía, su impacto en el medio ambiente y el abuso de agroquímicos con la consecuente contaminación de poblaciones cercanas. En la controversia identifica como actores a las empresas biotecnológicas y los agricultores, motivados por sus intereses económicos, y a los habitantes cercanos a los campos de cultivo, enfrentados a aquellos y perjudicados por el abuso de la fumigación de agroquímicos. Otro actor que vuelve a surgir, como en el caso anterior, son las autoridades gubernamentales. Describe a estas nuevamente como recibiendo sobornos y ocultando datos e investigaciones desfavorables, aludiendo específicamente a la toxicidad del producto RoundUp. También menciona a los medios de comunicación como actores claves que distorsionan la información, si bien no logra explicar qué posturas toman ni a qué intereses responden.

Respecto a las controversias internas al ámbito científico, al contrario de lo planteado por el diseño curricular, donde se plantea la existencia de un desacuerdo entre científicos respecto a los riesgos del uso de OGMs, Valeria manifiesta que no cree que exista tal discusión, ni tampoco la posibilidad de contaminaciones horizontales, generación de alergias u otros peligros a 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).

Sin embargo, durante las clases no se menciona desacuerdo o conflicto alguno en torno a la biotecnología agropecuaria. Al igual que al abordar la cuestión de células madres, se describen sólo los avances logrados en las últimas décadas y las aplicaciones beneficiosas producto de sus investigaciones. Este contraste entre lo expresado por Valeria durante la entrevista y lo desarrollado frente al aula, puede ser explicado si recurrimos al material didáctico -tanto al utilizado como al no utilizado- con el que contaba la profesora. El único material utilizado durante la cursada, acompañado de una lista de preguntas para responder, es proveniente 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 desarrollo de la biotecnología, es comprensible que su material busque -como lo hace- transmitir una imagen de la ciencia y tecnología aséptica, optimista y no conflictiva, y alejar del ámbito de la enseñanza de la ciencia el abordaje de las controversias sociocientíficas (Vilouta Rando, 2015). 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 visibilizan algunos conflictos en torno a la actividad agropecuaria, como el agotamiento de la tierra, los efectos nocivos de los pesticidas e incluso los riesgos de contaminación horizontal mediante transgenes. De hecho, Valeria contó durante la entrevista que el año anterior, para el mismo tema, sí había hecho uso de este material, gracias al cual pudo

visibilizar y discutir la controversia en torno al cultivo de soja. Los motivos esgrimidos por Valeria por los que no se utilizó dicho material fue la falta de tiempo y la imposibilidad de hacer uso de la sala audiovisual del colegio para ver los documentales. Creemos que esto manifiesta, en consonancia con otras investigaciones (Gaskell, 1982; Rosenthal, 1989; Jenkins, 2002; Lee, Abd-El-Khalick y Choi 2006), el fuerte condicionamiento que el material didáctico utilizado, su disponibilidad y matización por parte de los docentes tienen en la presencia y abordaje de controversias.

Carolina

Carolina tiene 33 años y es profesora de secundaria desde hace 11, cuando se recibió como profesora en ciencias naturales con orientación en biología, luego de 5 años de estudio en el Instituto Superior de Formación Docente y Técnica N° 24 de Bernal. Está a cargo de la materia *BGyS* de manera ininterrumpida desde 2012 en la misma escuela de Florencio Varela en la que dicta la materia Valeria. Además, trabaja en otros colegios del partido, donde tiene a su cargo las materias Biología de 4° y 5° año y Salud y Adolescencia de 4° año (Carolina, 2016a).

A pesar de expresar que la materia necesita una actualización constante por parte del docente, y así poder estar al tanto de las últimas novedades en torno a los contenidos disciplinares, Carolina no realizó la capacitación específica de la materia ni manifiesta interés alguno en hacerlo. Tampoco identifica entre los cursos de capacitación 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

Carolina entiende a la ciencia como algo complejo, difícil de definir debido a su amplitud y multiplicidad de características. Pero entre estas características decide tomar una con la cual describir e identificar principalmente a la ciencia: su metodología. Al intentar explicar qué es la ciencia, expresa que consiste en *el método científico*. Por otra parte, 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 en el caso de Valeria, pareciera existir aquí también una tensión entre imágenes de ciencia muy dispares, ya que mientras en el primer caso puede vislumbrarse una postura cercana al positivismo, haciendo referencia a un único método, esto se ve matizado a partir de una caracterización más cercana a la nueva filosofía de la ciencia, donde lejos de la unicidad, se habilita la posibilidad de distintas opiniones o perspectivas en torno al objeto de estudio y cambios en los conocimientos derivados de este. Sin embargo y a diferencia del caso de Valeria, durante las entrevistas Carolina manifestó mayor dificultad para explicitar y describir su imagen de ciencia, mientras que durante las clases, no hizo referencia explícita a la misma.

Concepción de la materia

Al igual que Valeria antes de realizar la capacitación específica, Carolina valora de manera negativa la amplitud de temas y contenidos de la materia. Pero mientras la primera cambió su perspectiva y entiende actualmente a esta amplitud como fortaleza y oportunidad de elegir entre los temas que más interés susciten entre los alumnos, Carolina al día de hoy continúa entendiendo –tal vez por no haber realizado la capacitación- esta característica como algo malo, que provoca que la materia “desvirtúe para varios lados” (Carolina, 2016a). Otra queja constante sobre el espacio curricular es, al igual que en el resto de las profesoras, la falta de tiempo y especialmente la ausencia de un libro de texto específico, lo que dificulta la preparación de sus clases e impide la profundización de algunos temas por falta de información y material.

No pareciera -al menos a nivel discursivo- entender al diseño curricular de la manera flexible que lo hace Valeria. Al preguntarle sobre los cambios que haría en el diseño, su respuesta es que ninguno, ya que hay demasiados contenidos como para agregar otros nuevos. Pero tampoco le quitaría temas, porque el diseño “ya está programado así, re diseñado” (Carolina, 2016b). De hecho, la guía de contenidos mínimos que posee, un papel impreso a modo de guía en su cuaderno de clase, lista un resumen de los conceptos propuestos por el diseño curricular, igual al que posee Valeria²⁰. Sin embargo, entre estos contenidos y los temas efectivamente dados durante las clases, sí se puede observar una notable transformación y reinterpretación de la materia. Por ejemplo, los contenidos relacionados con la temática de células madres,

²⁰ Como se dijo antes, Valeria y Carolina enseñan la materia en la misma escuela, cuya coordinadora del área de Biología es la misma Valeria, lo que explica que ambas posean la misma lista de temas. Como veremos, esto no impedirá una interpretación y desarrollo de la materia completante distinta para cada caso.

propuestos por el diseño para el segundo trimestre del año, son prácticamente obviados, tratando principalmente algunos contenidos del diseño sobre genética, técnicas y discusiones en torno a la clonación y unas pocas aplicaciones de la ingeniería genética moderna en la agricultura. No sólo hace una selección de los contenidos del diseño, sino que también decide abordar un tema que ni siquiera es propuesto por este: en lugar de abordar los contenidos relacionados a ADN y herencia y su rol en la historia reciente, durante buena parte del primer trimestre de clases aborda la evolución biológica (9 de las 20 clases del primer eje). La inclusión de la temática es explicada por Carolina como una forma de introducir a los alumnos en el concepto de gen. Pero tanto en las observaciones de clases como en las carpetas de los alumnos el desarrollo del tema nunca es vinculado a los conceptos y contenidos del programa de la materia, sino que el contenido se mantiene aislado del resto y nunca 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 medio que 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, como puede verse en el extracto, nombrándola simplemente como *Biología*. Dicha forma de hacer referencia a la materia se repite constantemente durante las entrevistas y las clases. Lejos de ser sólo una forma de abreviar el título más largo de BGS, podemos considerar esta manera de denominar a la materia como un modo de reinterpretarla, obviando los contenidos de carácter metacientífico e incluso muchos de sus contenidos disciplinares. La escasez de contenidos

desarrollados sobre genética y la ausencia de desarrollo de problemáticas sociales durante las clases parecieran confirmar la hipótesis. Esta visión reduccionista es también visible en los “Contenidos a trabajar” que la profesora les hizo copiar a sus alumnos en las carpetas, los cuales son una versión reducida de las listas homónimas presentes en el diseño curricular, a las cuales Carolina les quitó todos los contenidos meta-científicos, dejando sólo aquellos que hacían referencia a aspectos disciplinares. Esta forma de entender la materia puede deberse al rechazo y la dificultad mencionada por ella ante los temas y contenidos propuestos relacionados con controversias, evidenciando su dificultad en utilizar un abordaje más allá del área disciplinar en la que fue formada, típico –como vimos durante el capítulo teórico- de la identidad tradicional de los docentes de ciencia. Incluso dentro de su área de formación encuentra importantes dificultades en abordar algunos conceptos de la materia, ya que los considera “poco tangibles” para los alumnos, mencionando como ejemplos la idea de gen, clonación o célula (Carolina, 2016a).

Identificación y abordaje de controversias sociocientíficas

Al ser consultada, Carolina no ignora la gran cantidad de contenido presente en la materia relacionado tanto a controversias como a cuestiones metacientíficas, pero explica que estos no son abordados en profundidad debido a la falta de tiempo e interés de los alumnos. La escasez de bibliografía disponible y la ausencia de un libro de texto escolar específico sobre la materia son también mencionados como obstáculos para abordar no sólo controversias, sino también contenidos de genética (Carolina, 2016b). A esto se suma el declarado desinterés de la docente 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 si ellos están interesados vemos a ver cómo se puede seguir, pero sino 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 los resúmenes de conceptos e ideas. La falta de debates puede explicarse en parte debido a la reticencia de la profesora a dividir a 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 la entrevista, Carolina menciona dos controversias: la discusión y críticas planteadas en torno a la teoría sintética de la evolución por el creacionismo y el diseño inteligente y el uso de OGMs en la agricultura. En el caso de la primera, la docente entiende que es una discusión por fuera del ámbito científico, que involucra a 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 surgir continuamente en sus clases (Carolina, 2016c). Durante las clases puede observarse cómo la profesora es cuestionada por algunos alumnos respecto a la veracidad de la teoría sintética de la evolución, que sugieren como alternativa explicaciones de índole religiosa. A pesar de ser una ocasión para tratar una controversia creada –según la definición de Harker

(2015)-, diferenciarla de otros tipos de controversias y también aprovechar para 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. La profesora explica que entiende cualquier intento de intervenir en el tema como una agresión a las creencias religiosas personales de sus alumnos, por lo que decide pasar la controversia por alto, actitud comúnmente observada en otras investigaciones sobre la enseñanza de la evolución (Sadler et al., 2006; Soto-Sonera, 2009; Jalil, 2009). Es interesante también señalar el tratamiento que recibe la historia de la teoría evolutiva. Cercana a una concepción positivista de la ciencia, la presentación que hace la profesora de las distintas ideas sobre el cambio y origen de las especies muestra un progreso lineal, ininterrumpido y sin disputas. Las teorías y concepciones alternativas a la propuesta por Darwin nunca son puestas en contraste ni se menciona la larga controversia que la teoría de la evolución por selección natural tuvo que enfrentar hasta ser ampliamente aceptada más de medio siglo más tarde (Mayr, 1992). Más bien, el cambio hacia la nueva teoría es presentado como algo natural, espontáneo e independiente de toda contextualización histórica, social e ideológica, sin fricciones ni mención de las concepciones religiosas y finalistas que dificultaron la aceptación de las ideas de Darwin.

Durante el segundo eje de la materia, dedicado a células madres y clonación, Carolina trata la clonación animal y explica el caso específico de la oveja Dolly durante dos clases, principalmente mediante el copiado de textos en el pizarrón y algunos ejercicios donde los alumnos deben completar con la

palabra faltante una oración. A modo de cierre, durante los últimos minutos de la última clase, la profesora escribe en el pizarrón un listado de cuestionamientos éticos a la clonación reproductiva de humanos. Sólo se limita al copiado de estos puntos y a una explicación expositiva de los mismos, explicación interrumpida por el recreo y nunca vuelta a retomar. De esta manera, se muestra la cuestión de una manera no problemática, donde existe un amplio consenso, dificultando el abordaje de cuestiones controversiales y discusiones, como pueden suscitar los casos de Severino Antinori (mencionado por Valeria), Hwang Woo-suk u otros anuncios públicos de clonación humana (Alcíbar, 2013). Aunque el diseño curricular también sugiere la mención y discusión de la clonación terapéutica, discusión fértil en controversias y estrechamente relacionado al uso de células madres, este tipo de clonación no es ni siquiera mencionada por la profesora.

En cuanto al último eje, Carolina no logra dar ninguno de sus temas, para el cual tenía, según explicó en la entrevista, una serie de materiales que abordaban las discusiones en torno a los OGMs en la agricultura, tema en torno al cual dijo reconocer controversias, especialmente respecto al papel de la empresa Monsanto. Sin embargo, al ser consultada en las entrevistas, no logró identificar ningún otro actor que participe en aquellas ni pudo dar más detalles al respecto. La exclusión de la temática de OGMs coincide con lo observado por Ocelli et al. (2014) en el desarrollo de una materia similar en la provincia de Córdoba, donde mientras la gran mayoría de profesores abordaba temas de ingeniería genética, una minoría trataba la temática de organismos transgénicos en clase. Carolina aduce la falta de tiempo -agravada por los paros docentes y su propia ausencia por licencias médicas- como principal

motivo por el cual no pudo desarrollar los temas del último eje. De esta manera, durante los tres ejes, la materia se desarrolla de manera exclusiva –a excepción de la rápida e incompleta mención sobre clonación reproductiva- alrededor de los contenidos disciplinares, en sintonía con la concepción biologicista que sostiene la profesora respecto a la materia.

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 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; el curso sobre biotecnología del programa *Por Qué Biotecnología* de la ONG ArgenBio, que ella misma junto con otros docentes se encargaron de convocar al profesorado donde enseña; y otros dos cursos realizados durante los años 2005 y 2006 en la Universidad Nacional Tecnológica (UTN), cuyos nombres no recuerda pero que, según cuenta, se centran en el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad.

Durante los años 2015 y 2016 realizó el Postítulo 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 cuyos contenidos 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 se encuentran como contenidos del primer eje de BGyS.

La realización del título, como de muchas de las capacitaciones mencionadas, son explicadas 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). Sin embargo Beatriz no pareciera valorar estas instancias de formación sólo como fuente de herramientas y nuevos saberes para su labor docente, sino también como validadoras y credenciales de su conocimiento. A propósito de la realización del postítulo anteriormente mencionado, manifiesta que

“Muchas [materias del postítulo] las dí como equivalencia por otras cosas que tengo dadas. Yo hice dos años, en el INFOD también, pequeños seminarios. Y no nos dio ningún puntaje, entonces pataleamos: ‘Escuchame, ¿cuánto tiempo le dedicamos? Venimos a las presenciales, nos mandaste a leer cincuenta mil cosas, teníamos que hacer los foros, teníamos que presentar clases, ¿y no nos dan nada?’” (Beatriz, 2016).

A partir de la obtención del postítulo en 2016 se encarga de aclarar que es no sólo profesora, sino también didacta de las ciencias naturales y manifiesta en repetidas ocasiones durante las entrevistas, por iniciativa propia, un vivo interés en mostrar sus diplomas y certificados. Si bien explica que le gusta su trabajo y con él ha encontrado su verdadera vocación, se arrepiente de haber comenzado tan tarde, lo que retrasó su edad de jubilación.

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 este la existencia de valores extra-epistémicos, que a su vez influirían en el rumbo y objetivos que el científico le da 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 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 Fuego²¹. 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 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 de científico solitario contrasta con el resto de la caracterización que hace de la ciencia, de un corte más constructivista. También, en este último ejemplo -como en el caso de Valeria- el Estado es visto generalmente como un actor nefasto, en esta ocasión no brindándole ayuda ni apoyo a la ciencia.

A diferencia de cómo se comprendía en su época de estudiante de profesorado, Beatriz cree que la idea 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.

Durante el desarrollo del primer eje de la materia, como en el caso de Valeria, Beatriz hace la única referencia explícita en clase a un aspecto de la naturaleza de la ciencia. En estas clases desarrolla el concepto de serendipia,

²¹ 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.

citando como ejemplo ilustrativo el caso del descubrimiento de la penicilina por Alexander Fleming, al cual lo contrapone con una de las características ampliamente consensuadas en la literatura sobre NdC: la de la influencia de los factores sociales en la orientación del desarrollo de conocimiento científico. Para ilustrar esta idea utiliza, nuevamente al igual que hizo Valeria, el caso histórico de Abuelas de Plaza de Mayo y la identificación y filiación de personas, donde explica cómo dicha organización realizó una búsqueda y reclamo activo que desembocó en el desarrollo de una nueva técnica de filiación a través del ADN mitocondrial y en la creación del Banco Nacional de Datos Genéticos.

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, replicando las quejas de las profesoras anteriores, 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, 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 la NdC, 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 NdC 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, 2012; 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 NdC. 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 (ver tablas 1,2 y 3 del capítulo 2) -en las que abundan los contenidos disciplinares frente a los de naturaleza de la ciencia y controversias- 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” (en su gran mayoría conceptos disciplinares), en un proceder muy similar al de las otras dos profesoras.

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, menciona ella, 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 controversias 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, 2012), 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 consultarle 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 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, sino más bien 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. Al igual que Valeria, cree que entre los científicos no existe una controversia 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 de 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 comer ADN, Beatriz busca mostrar durante las clases que el material genético se encuentra presente en la gran mayoría de

los alimentos que ingerimos, transgénicos o no. Para esto, tomando como guía un cuaderno de trabajo de Por qué biotecnología, realizan en el laboratorio la 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 de la genética. Otro argumento que usa para matizar la mirada que tienen los alumnos sobre la inseguridad de los OGMs es la existencia de la Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria (CONABIO), que gracias a su funcionamiento - explicado 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 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 alérgica- a los que considera, como vimos antes, 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.”²²

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. 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, sí fue mencionada por un alumno durante una clase posterior, cuando la profesora manifestó sorprenderse porque muchos alumnos, durante el examen, habían expresado que los OGMs generaban alergias. Al

²² Observación de clase realizada el 28 de Octubre de 2015.

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 controles, cuando la película dice que se sobornaron todos los controles, con la excusa de “siempre comemos ADN, no va a pasar nada””²³

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. Esto contrasta con sus declaraciones durante las entrevistas, donde Beatriz parecía darle un lugar más preponderante a las controversias. Si bien fueron planteadas durante el desarrollo de distintos temas, fueron dejadas para los últimos minutos de cada lección, fuera del horario de clase (como el caso del documental) o bien como intercambios de opinión fuera de un contexto de debate organizado, lejos de lo relatado por la profesora en las entrevistas. 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,

²³ Observación de clase realizada el 28 de Octubre de 2016.

enriqueciéndola con distintos posicionamientos o argumentos omitidos por los alumnos. Muchas veces, al ser enfrentada a un planteo como el del párrafo anterior, donde dos miradas opuestas son confrontadas, Beatriz parecía sentirse perdida y 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. La falta de experiencia en actividades más abiertas y centradas en los alumnos probablemente también sea un factor más de dificultad, ya que la mayoría de las actividades propuestas eran de carácter tradicional y centradas en contenidos disciplinares: dictados, lectura de textos y cuestionarios cerrados, trabajos prácticos monográficos, etc.

Discusión comparativa

Un punto donde todas las docentes coinciden es que de todas las controversias mencionadas en las entrevistas o utilizadas en el aula, la gran mayoría eran de carácter externo, coincidiendo con 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 única excepción a esto es la controversia en torno a Rosalind Franklin y el descubrimiento de la estructura del ADN, en la que Valeria reconoce un conflicto entre científicos. Sin embargo, vale aclarar que aunque dicha controversia es de carácter interno, no cuestiona el carácter unívoco del conocimiento científico, ya que si bien es una cuestión que enfrenta a científicos, lo hace por una cuestión de autoría y no por una flexibilidad interpretativa respecto a las evidencias. A excepción de ese caso y el “caso Azul” –también identificado por Valeria-, el resto de las controversias señaladas por las tres profesoras coinciden con las CSC 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, 2016).

La controversia sobre OGM es la única en la que coinciden en identificar las tres profesoras. En los tres casos, la misma es identificada desde una perspectiva externa, incluso cuando en el diseño se menciona el desacuerdo entre científicos. De hecho, en abierta contradicción con el diseño curricular, Valeria y Beatriz mencionan explícitamente que no existe una discusión entre científicos al respecto y que dicha concepción es producto de la desinformación, coincidiendo con la visión transmitida en la capacitación dada por ArgenBio, tomada por ambas profesoras.

De manera más general, la tendencia en focalizar en controversias de carácter externo puede ser relacionada con algunas de las características que

las profesoras atribuyen a la ciencia. En el caso de Carolina, que eligió definirla principalmente a través de *el* método científico, es difícil considerar el surgimiento de desacuerdos al interior de la ciencia, entendiendo a esta guiada por una serie de pasos pautados y universales. Dicha relación -entre la idea de un único método y la falta de conflicto- ha sido señalada por Calvet y Bargalló (2014) y referida como “el mito del método científico”. La visión de cambio científico implícita en la explicación histórica que hace Carolina del surgimiento de la teoría evolutiva de Darwin -en la que pareciera que dicha teoría es aceptada de manera inmediata y sin cuestionamientos- también dificulta la consideración de controversias internas. Por su parte, Valeria también mencionó en varias ocasiones la idea de un único método científico, si bien vale aclarar que esta no era la característica principal con la que definía a la ciencia e incluso a veces negaba la existencia de tal método. También hacía constante referencia a la “comunidad científica” -un término de raigambre mertoniana que transmite la idea de armonía entre científicos- y presentaba una concepción ambigua de la relación entre ciencia y valores, a veces posicionando a estos últimos por fuera de la actividad científica, lo que ha sido señalado como una dificultad para identificar controversias internas (González Rojas, 2012). En cuanto a Beatriz, 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- seguramente también 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.

Sin embargo, en la imagen de ciencia de las tres docentes -lejos de ser homogénea- conviven en tensión perspectivas tanto positivistas como constructivistas. Podemos encontrar en los tres casos menciones a una ciencia en constante cambio y cuyo conocimiento siempre puede ser modificable. En el caso de Beatriz -cuya imagen de ciencia, junto a la de Valeria, es más compleja y detallada que la de Carolina- se encuentra también presente la idea de una relación dinámica de la ciencia con la tecnología y la sociedad y la incidencia de valores extra-epistémicos dentro de la actividad científica. Valeria, además de estas características, también reconoce de manera explícita la existencia de desacuerdos entre científicos y concibe a la ciencia como una actividad social, lo que puede explicar la identificación de una controversia como la de Rosalind Franklin. 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 (Lederman, 2006; Pujalte, 2014; Ravanal y Quintanilla, 2010; Van Rooy, 1997).

En cuanto al abordaje de las controversias en clase, en los tres casos estudiados pueden observarse coincidencias en el hecho de que estas son marginalizadas, dedicándoles escaso tiempo y durante los últimos minutos de las clases (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). También se puede percibir una interpretación de las controversias centradas en el contenido (Tidemand y Nielsen, 2016), subordinando aquellas a este, ya sea al utilizarlas a modo anecdótico (la “frutilla del postre”, como manifiesta Valeria), como modo de repasar conceptos disciplinares (como es el caso de Beatriz y el tratamiento de la controversia sobre hermanos salvadores) o bien al estar

ausentes durante las evaluaciones escritas. En esta concepción también se hace visible el arraigo de una identidad tradicional como profesores de ciencia. Si bien como veremos más adelante esta identidad tradicional está mucho más presente en Carolina, incluso Beatriz –que durante las entrevistas resalta la importancia de las controversias y los aspectos metacientíficos en la enseñanza- admite 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 concepción también es visible en la planificación de la asignatura, ya que para listar los contenidos mínimos que se darán en la materia, las tres profesoras utilizan a modo de guía el conjunto de contenidos extraído de la sección "Conceptos" de las tablas "Síntesis de contenidos a trabajar" del diseño curricular. La otra sección de las tablas, “Modos de conocer”, es ignorada en sus planificaciones. En esta sección podemos encontrar una mayor cantidad y variedad de aspectos metacientíficos, entre ellos la mención a todas las controversias que considera el diseño curricular. Es aquí visible una asimetría por parte de los profesores en el modo de considerar los dos tipos de conocimiento, incluso en los casos de Valeria y Beatriz, que durante las entrevistas habían manifestado considerar a los contenidos disciplinares tan importantes como a los metacientíficos. De esta manera podemos considerar que el currículo de BGyS sufrió lo que Van Rooy (2000) llama un proceso de “domesticación”, en el que los profesores realizan pequeños ajustes a sus prácticas de enseñanza que les permite atender a un mínimo nivel las demandas del nuevo currículo.

No todas las controversias mencionadas son luego abordadas durante las clases. En el caso de Carolina, ninguna de las dos controversias que

identifica son siquiera mencionadas por ella durante las clases. Valeria, entre las controversias que nombra durante las entrevistas se encuentra el caso de Severino Antinori, la discusión en torno al determinismo genético y aquella sobre los OGMs, pero ninguna de las tres es abordada durante las clases. De manera similar Beatriz no busca problematizar el tema de la clonación durante sus clases, cuestión que sí menciona como controversial durante las entrevistas. Las tres profesoras también coinciden en señalar, como justificación de la poca atención prestada a las controversias durante las clases, 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, todas explicaciones ampliamente reflejadas 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).

Más allá de las similitudes señaladas entre las tres docentes, también es posible establecer diferencias, especialmente entre el caso de Carolina por un lado y los de Valeria y Beatriz por el otro. Carolina no parece mostrarse satisfecha con el contenido de la materia, al que considera muy sobrecargado y valora de manera negativa. Al mismo tiempo, sólo identifica dos controversias durante las entrevistas: la discusión en torno a la evolución y la de los OGMs. En ambos casos sólo las logra caracterizar de una manera muy superficial, sin dar muchos detalles en ninguno de los dos casos. Esto, junto a la manifiesta dificultad de explicar conceptos disciplinares que considera demasiados

abstractos pero que son básicos para el desarrollo de la materia, probablemente expliquen de modo parcial la ausencia de controversias durante sus clases (en concordancia con Van Rooy, 1997; Oulton et al., 2004; Lee, Abd-El-Khalick y Choi 2006; Dos Santos y Mortimer, 2009; Tidemand y Nielsen, 2016). A esto se suma su apego a utilizar estrategias didácticas tradicionales y que sus alumnos trabajen de manera individual (“con grupos no trabajo”), rechazando la posibilidad de cualquier actividad grupal. Teniendo en cuenta el concepto de epistemologías anidadas propuesto por Tsai (2002), no es extraño que su NdC fuera, entre las tres profesoras, la más cercana a una postura positivista, eligiendo definir a la ciencia principalmente a través de su (único) método. Estas declaraciones coinciden con una identidad tradicional como profesora de ciencia, visible en la consideración de las controversias como algo fuera del ámbito de enseñanza científico y en el modo reduccionista con el que interpreta la materia, al referirse a esta continuamente como *Biología*. Dichas concepción se tradujo en las clases no ya en una interpretación de las controversias centrada en el contenido, sino directamente en la exclusión de toda controversia y de la discusión de aspectos de la NdC, como también en la implementación de estrategias didácticas tradicionales, evitando debates, charlas o discusiones.

En contraste, Valeria y Beatriz nombran una mayor cantidad de controversias que Carolina y pueden dar mayores detalles en cuanto al objeto de disputa, los distintos actores involucrados y los argumentos en juego de algunas de ellas. También, a diferencia de Carolina, declaran un vivo interés por la materia y en particular por sus aspectos meta-científicos, considerándola ámbitos donde los alumnos no sólo puedan aprender contenidos disciplinares

de biología, sino también sobre problemáticas científicas actuales en relación a la sociedad para así poder involucrarse en estas, debatir, opinar y tomar decisiones. Estas dos profesoras sí valoran -al menos desde lo discursivo- el abordaje de controversias, la realización de discusiones grupales y otras actividades más participativas. Es claro así que mediante estas posturas sus identidades como profesoras de ciencias difieren con la construida por Carolina, considerando dentro de sus obligaciones no sólo la enseñanza de contenidos propios de la biología, sino también de aspectos metacientíficos, la formación de alumnos como ciudadanos y una mayor participación de estos durante las clases. Aún así estas diferencias no alcanzan para que las profesoras den a las controversias un lugar central en el desarrollo del currículo, las presenten al inicio de la instrucción ni pongan en práctica procesos de orden superior, todos estos requisitos fundamentales para considerar que una construcción está basada en controversias (Presley et al., 2013)

A pesar del intento manifestado por Valeria y Beatriz de utilizar estrategias más participativas y acordes al tratamiento de controversias -como la realización de debates y discusiones- este tipo de actividades está escasamente presente y de manera poco sistematizada en sus aulas, coincidiendo con lo mostrado por Ocelli et al. (2014) en el último año de las secundarias de Córdoba, donde la mayoría de los profesores de biología utilizan principalmente estrategias didácticas tradicionales y poco participativas. Durante las observaciones de clase, en ambos casos se percibió cierta reticencia de las profesoras a promover el debate de controversias, mostrándose incómodas al tener que dirigir y sostener en el tiempo una

discusión, o participar en ella. Las discusiones que se lograron desarrollar no contaron con la guía de las profesoras, lo que las hizo discurrir a través de opiniones basadas principalmente en factores emocionales y en ausencia de argumentos, sin el uso ni la conexión con los conceptos científicos o metacientíficos que las controversias podían involucrar. Así, las controversias y los contenidos vistos durante la materia discurren por dos carriles distintos. Esto recuerda resultados como los de Bell y Lederman (2003) o Zeidler et al. (2002), donde las opiniones personales y factores morales son más importantes a la hora de argumentar que los conocimientos sobre aspectos metacientíficos. Como señalan Walker y Zeidler (2007), no alcanza sólo con comprender estos aspectos para que automáticamente se utilicen durante las argumentaciones, sino que es necesario un rol activo del profesor que enseñe a los alumnos a usar dichos aspectos en el contexto de una controversia.

Valeria evitó contestar al planteo de cuestionamientos por parte de los estudiantes al tratar la cuestión del determinismo genético y durante el tratamiento del caso Azul se mantuvo al margen del intercambio entre los alumnos, sin aportar ningún conocimiento ni perspectiva alternativa, o guiar la discusión en ningún momento. De manera similar 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 evitar intervenir en cuestiones donde, debido a su falta de conocimiento u opinión, no pareciera sentirse muy segura. El hecho 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 parecía poder encontrar una respuesta satisfactoria, pareciera confirmar esta hipótesis.

Es interesante señalar también el papel clave que jugó el material didáctico como facilitador para señalar y abordar controversias, o bien para invisibilizarlas. Esto último es notable en el material suministrado por ArgenBio, cuya decisión –acorde a sus intereses- de no abordar controversias que involucren a OGMs en sus materiales, sumado a la decisión de Valeria de utilizarlo como única fuente de material didáctico para abordar el último eje, impidió el abordaje de controversias. Una situación muy similar ocurrida en Gran Bretaña es relatada por Gaskell (1982), donde una empresa de energía 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. En este caso, al acceso a material didáctico gratuito creado por una parte interesado de la controversia se le suma una capacitación que complementa y profundiza la visión dada por aquel, lo que sin embargo no evita que las profesoras aborden estas problemáticas, si cuentan con material didáctico complementario o alternativo.

Si bien el discurso de Valeria y Beatriz y su identidad más amplia como profesoras de ciencia son traducidos de manera bastante limitada a la acción, se logran al menos abordar algunos conceptos sobre NdC de manera explícita, se mencionan y explican controversias y se realizan algunas discusiones grupales en torno a estas. Tanto Valeria como Beatriz no sólo mostraron mayor confianza en el manejo del contenido disciplinar, sino también un mayor conocimiento sobre las controversias identificadas, haciendo una descripción más rica y detallada de alguna de ellas durante las entrevistas. Sin embargo, a pesar de la mayor inclusión realizada por estas dos profesoras, las controversias se siguen encontrando marginalizadas y se visibiliza una interpretación de estas centrada en el contenido (Tidemand y Nielsen, 2016), confirmándose que no siempre el traspaso del discurso a la práctica de las concepciones sobre ciencia y la educación científica se da de manera directa (Lederman, 2006; Oulton et al., 2004; Pujalte, Adúriz-Bravo y Porro, 2014; Van Rooy, 1997).

Las diferencias recién descritas entre Carolina – con una identidad como profesora de ciencia más tradicional, una NdC más positivista y su menor conocimiento e inclusión de las controversias- y Valeria y Beatriz –con una identidad como profesoras de ciencia más amplia, una NdC más constructivista y una mayor identificación e inclusión de controversias- probablemente puedan ser explicadas en la trayectoria profesional de las docentes. La diferencia en estas no sólo radica en la menor cantidad de experiencia de Carolina respecto a las otras dos profesoras, sino también con la ausencia de post-títulos realizados y capacitaciones relevantes para la materia. En cambio, Valeria y Beatriz poseían no sólo la capacitación específica de BGyS, sino también

títulos de posgrado en el área de educación y numerosos cursos realizados. La capacitación específica de BGS pareció haber ayudado a lidiar con la materia a pesar de su gran cantidad de contenidos, considerar entre estos a las controversias como una parte fundamental de la asignatura y a interpretar y valorar el uso del diseño curricular como guía. Al mismo tiempo, la capacitación les permitió conocer y utilizar distintos materiales didácticos –como textos y videos- que permiten, al menos de manera potencial, abrir y generar espacios para la discusión y el debate sobre distintas controversias. Valeria incluso señala la realización de la capacitación específica como puntos de inflexión en su conceptualización tanto de la ciencia como de su rol como profesora. Otra capacitación realizada por ambas profesoras fue la ofrecida por ArgenBio, otorgándoles materiales que terminaron utilizando en sus clases. Este material, aunque dificultó en Valeria el abordaje de controversias sobre OGMs, ayudó a las profesoras a tratar cuestiones disciplinares que Carolina consideraba muy abstractas. Los títulos de postgrado también parecieran ser importantes su aporte a un nuevo modo de entender la ciencia y enseñarla –como manifiesta Valeria- así como también para profundizar contenidos específicos de la materia. Así, las capacitaciones parecen ser elementos claves para la identificación y abordaje de controversias, una NdC más constructivista, un mayor conocimiento disciplinar, la modificación de una identidad tradicional como profesor de ciencia y en la concepción e interpretación de la materia, en concordancia con lo señalado por otros estudios (dos Santos y Mortimer, 2009; Reis y Galvão, 2009).

Conclusiones

Hemos intentado dejar en claro el lugar preponderante que juegan actualmente las controversias científicas en la enseñanza de las ciencias. Así, su omnipresencia en la arena del debate público y su potencial para abordar cuestiones tan variadas como la naturaleza del conocimiento científico, el pensamiento crítico, la toma de decisiones y el análisis de valores éticos y morales han otorgado a las controversias científicas un lugar clave en la educación científica. Esta importancia se ve reflejada también en los documentos curriculares nacionales y provinciales de nuestro país, que para promover la formación de una ciudadanía crítica, informada, responsable y participativa consideran necesario no sólo la enseñanza del contenido disciplinar, sino también de saberes acerca de la ciencia y el abordaje de distintas problemáticas científicas actuales de relevancia social. Para que estos aspectos puedan ser trasladados exitosamente a las clases de ciencia y las controversias ocupen un lugar importante se vuelve clave el rol del docente en el abordaje de las problemáticas científicas en el aula. Es así que el presente trabajo –mediante tres estudios de casos- buscó dar cuenta del conocimiento de las controversias por parte de los profesores, como también del lugar e importancia que les daban durante sus clases y los factores que dificultaban o facilitaban dicha práctica.

El contexto específico en que se llevó a cabo la investigación fue en el de la materia *Biología, Genética y Sociedad* -asignatura del último año de las secundarias de la provincia de Buenos Aires con orientación en Ciencias Naturales- por considerarse un epítome de la última reforma educativa que resalta el valor de la formación ciudadana y el involucramiento en la toma de decisiones, otorgando un lugar central al abordaje de las más importantes

controversias científicas relacionadas a las ciencias biológicas. Con estas, además, se incluye una importante cantidad de contenidos metacientíficos que buscan dar cuenta de la naturaleza de la ciencia.

Sin embargo, a través de los estudios de casos descriptos -y teniendo presente las limitaciones que dicha metodología conlleva en la extrapolación de sus resultados- podemos decir que las controversias no tienen un lugar asegurado en las aulas de BGyS. Su presencia y rol central en el diseño curricular de la asignatura no garantizaron el mismo trato por parte de las docentes en el desarrollo de sus clases. Pudo observarse que las profesoras dedicaron a las controversias un tiempo y lugar marginal, -mostrando una interpretación de las controversias centrada en el contenido- incluso en aquellos casos donde las docentes se mostraron interesadas por la materia y evaluaron positivamente el abordaje de controversias. Esto pudo observarse en el poco tiempo dedicado para abordarlas, la elección para esto de los últimos minutos de las clases, la ausencia de controversias en los exámenes escritos y el uso de las controversias como elementos anecdóticos o bien como vehículos que permitieran la enseñanza de contenidos disciplinares. La marginalización pudo también observarse en el proceso de selección sesgada de contenidos, obviando los de aquellas secciones que mencionaban de manera explícita las distintas controversias propuestas por el diseño curricular. Incluso en las ocasiones donde se intentó realizar charlas y debates en torno a una problemática particular, la mayoría de las veces estas no eran sostenidas en el tiempo por los profesores, que se mantuvieron al margen de cualquier tipo de participación, sin opinar y ni siquiera guiar la discusión y la construcción de argumentos. Las principales explicaciones que otorgaron las profesoras frente

a la marginación de las controversias 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 las explicaciones dadas por las docentes, la dificultad en el abordaje de controversias también pareciera ser consecuencia de la identidad tradicional como profesoras de ciencia que estas poseían, entre cuyos rasgos se caracteriza la valorización del contenido y conocimiento científico por sobre cualquier otro tipo de saber, lo que las ubica en un rol de guardianes del conocimiento científico; 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 en las profesoras por la identificación de controversias exclusivamente de naturaleza externa al conocimiento científico, lo que a su vez coincidió con algunos aspectos de la NdC que dificultaban 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.

A pesar de que ninguna profesora pudo llevar a cabo un proceso de enseñanza basado en controversias, no todos los casos estudiados tuvieron el mismo grado de marginalización de estas. Mientras Carolina eliminó toda idea de existencia de controversia durante sus clases –cerrando toda posibilidad de debate, ignorando los cuestionamientos hechos a la teoría sintética de la evolución y presentando sólo una postura respecto a la clonación- las otras dos profesoras –Valeria y Beatriz- mostraron la intención de al menos abordar

algunas controversias y plantear las distintas posturas en torno a estas. Esta diferencia coincidió con una identificación más tradicional como profesora de ciencia por parte de Carolina, interpretando a la materia de un modo reduccionista, mostrando una imagen de ciencia más cercana al positivismo y negándose a realizar actividades grupales. En contraste, Valeria y Beatriz mostraron un interés por los aspectos metacientíficos de la asignatura, poseían una imagen de ciencia más profunda y con mayor cantidad de rasgos constructivistas, valoraban la participación de los alumnos como también su capacitación en la participación ciudadana y la toma de decisiones y pudieron identificar más y describir mejor las controversias involucradas en la materia. Un factor que parece ser determinante en estas diferencias es la trayectoria profesional de las docentes, especialmente si tenemos en cuenta la gran cantidad de capacitaciones realizadas por Valeria y Beatriz y la pertinencia de estas para la interpretación de la materia, el enriquecimiento de la imagen de ciencia, el acceso a material didáctico y una mejor comprensión de las controversias.

Creemos que se puede mejorar sensiblemente la inclusión de las controversias -como muestra la comparación de los casos- 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; 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 y c) la producción y distribución de material didáctico adecuado, que se echa en

falta en todos los casos, especialmente en cuanto a la falta de un libro de texto específico.

Referencias bibliográficas

AAAS (1989) *Science for all Americans. Project 2061*. New York: Oxford University Press.

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. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias* (Tesis doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona. Disponible en: <https://ddd.uab.cat/record/37360>

Adúriz-Bravo, A. (2005). ¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores deficiencias? Una cuestión actual de la investigación didáctica. *Tecne, Episteme y Didaxis*, pp. 23-33.

Adúriz-Bravo, A., Izquierdo i Aymerich, M., & Estany, A. (2002). Una propuesta para estructurar la enseñanza de la Filosofía de la Ciencia para el profesorado de Ciencias en formación. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 465-476.

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_Primeria.pdf

Aibar, E. (2002). Controversias tecnocientíficas públicas: la pericia no es siempre suficiente. *Digithum*, 4.

Aikenhead, G. (1994). What is STS science teaching? En J. Solomon & G. Aikenhead. (Eds.), *STS education international perspectives on reform* (pp.47-59)

Aikenhead, G. S. (2000). STS science in Canada from policy to student evaluation. In *Science, Technology, and Society* (pp. 49-89). Springer, Dordrecht.

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). Springer Netherlands.

Alcíbar, M. (2013). The presentation of Dolly the sheep and human cloning in the mass media. In *Genetic Engineering*. InTech.

Allchin, D. (2004). Should the sociology of science be rated X?. *Science Education*, 8, 8(6), pp. 934-946.

- Allchin, D. (2012). Sacred Bovines: What Counts As Science. *The american biology Teacher*, 74(4), 291-294.
- Allchin, D. (2017). *Sacred Bovines*. Oxford: Oxford University Press.
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518-542.
- Allchin, D., Andersen, H. M., & Nielsen, K. (2014). Complementary approaches to teaching nature of science: Integrating student inquiry, historical cases, and contemporary cases in classroom practice. *Science Education*, 98, (3), pp. 461-486.
- Alters, B. J. (1997). Whose nature of science?. *Journal of research in science teaching*, 34(1), 39-55.
- Amador Rodríguez, R. Y., & Adúriz Bravo, A. (2011). A qué epistemología recurrir para investigar sobre la enseñanza de las ciencias. *Revista EDUCyT*, 3 (1), 3-18.
- 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
- Bell, R. L., & Lederman, N. G. (2003). Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Scienceeducation*, 87, (3), pp. 352-377.

- Bennássar, A., Vázquez, A., & Manassero, M. A. A. García-Carmona (Coor.).(2010). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza deficiencia y tecnología*.
- Bingle, W. H., & Gaskell, P. J. (1994). Scientific literacy for decisionmaking and the social construction of scientific knowledge. *Science Education*, 78, (2), pp. 185-201.
- Bloor, D. (1991). *Knowledge and social imagery*. Chicago/Londres: University of Chicago Press.
- Brante, T. (1993). Reasons for studying scientific and science-based controversies. *Controversial science: From content to contention*, 177-92.
- Bricker, L. A., & Bell, P. (2008). Conceptualizations of argumentation from science studies and the learning sciences and their implications for the practices of science education. *Science Education*, 92(3), 473-498.
- 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.

- Chalmers, A. F. (2012) *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*. Madrid: Siglo XXI.
- Clough, M. P. (2007, January). Teaching the nature of science to secondary and post-secondary students: Questions rather than tenets. In *The pantaneto forum* (Vol. 25, pp. 31-40).
- Collins, H. M. (1981). Stages in the empirical programme of relativism. *Social Studies of Science*, 11, 3-10.
- Collins, H. (1995). Los siete sexos: estudio sociológico de un fenómeno o la replicación de los experimentos en física. *Iranzo, Juan M. et al.(Comp.). Sociología de la ciencia y la tecnología. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas*, 141-160.
- Collins, H. (2007). The uses of sociology of science for scientists and educators. *Science & Education*, 16, 217-230.
- Collins, H. (2009). *Cambiar el orden. Replicación e inducción en la práctica científica*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- Collins, H. M., & Evans, R. (2002). The third wave of science studies: Studies of expertise and experience. *Social studies of science*, 32(2), 235-296.
- Collins, H., & Evans, R. (2008). *Rethinking expertise*. Chicago: University of Chicago Press.
- Collins, H., & Pinch, T. J. (1995). *El Golem. Lo que todos deberían saber sobre la ciencia*. Barcelona: Crítica.
- Consejo Federal de Educación (2011), Marcos de referencia, Bachiller en Ciencias Naturales. Fecha de consulta: Junio de 2015. Disponible en

http://www.me.gov.ar/consejo/resoluciones/res11/142-11_cs_naturales.pdf

Consejo Federal de Educación (2012), Núcleos de Aprendizaje Prioritarios, Ciencias Naturales. Fecha de consulta: Junio de 2015. Disponible en http://www.me.gov.ar/consejo/resoluciones/res12/180-12_02.pdf

Cross, R. T., & Price, R. F. (1996). Science teachers' social conscience and the role of controversial issues in the teaching of science. *Journal of research in science teaching*, 33(3), 319-333.

Cunningham, C. M., & Helms, J. V. (1998). Sociology of science as a means to a more authentic, inclusive science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(5), 483-499.

Dawson, C. (2000). Selling snake oil: Must science educators continue to promise what they can't deliver?. *Critical Studies in Education*, 41(2), 121-132.

Dearden, R. F. (1981). Controversial issues and the curriculum. *Journal of Curriculum Studies*, 13(1), 37-44.

Delamont, S. (1987). Three blind spots? A comment on the sociology of science by a puzzled outsider. *Social Studies of Science*, 17(1), 163-170.

Delgado Carreira, M., Estany, A., & Vallverdú, J. (2011). La Investigación con células madre.

Delgado, M., & Vallverdú i Segura, J. (2007). Valores en controversias. *CTS+ I*, 3, (9), pp 9-31.

DeVito, D., Shamberg, M. & Sher, S. (productores) y Niccol, A. (director). (1997). *GATTACA* [cinta cinematográfica]. Estados Unidos: Columbia Pictures.

Dirección General de Cultura y Educación de la Pcia. de Buenos Aires (DGCyE) (2011), *Biología, Genética y Sociedad*, 6º (ES), La Plata. Fecha de consulta: Junio de 2013. URL: <http://servicios2.abc.gov.ar/lainstitucion/organismos/consejogeneral/disenioscurriculares/secundaria/sexta/orientaciones/naturales/biologia.pdf>

Dolphin, G., & Dodick, J. (2014). Teaching controversies in earth science: The role of history and philosophy of science. In *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 553-599). Dordrecht: Springer.

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.

Driver, R., Leach, J., & Millar, R. (1996). *Young people's images of science*. UK: McGraw-Hill Education.

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science education*, 84(3), 287-312.

Duschl, R. A., & Grandy, R. (2013). Two views about explicitly teaching nature of science. *Science & Education*, 22(9), 2109-2139.

- Duschl, R. A., & Wright, E. (1989). A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science. *Journal of research in science teaching*, 26(6), 467-501.
- Delgado, M., & Vallverdú, J. (2007). Valores en controversias: la investigación con células madre. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*, 3(9), 9-31.
- Diéguez Lucena, A. (2005). *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Duschl, R. A. (1985). Science Education and Philosophy of Science Twenty-Five Years of Mutually Exclusive Development. *School science and mathematics*, 85, (7), 541-555.
- 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.
- Echeverría, J. (1995). *Filosofía de la ciencia* (Vol. 7). Madrid, Ediciones Akal.
- Epstein, S. (1995). The construction of lay expertise: AIDS activism and the forging of credibility in the reform of clinical trials. *Science, Technology, & Human Values*, 20(4), 408-437.
- Farías Camero, D. M. (2012). Teoría, estructura y modelos atómicos en los libros de texto de química de educación secundaria. Análisis desde la sociología de la ciencia e implicaciones didácticas (Tesis doctoral). Universitat de Barcelona, Barcelona. Disponible en: <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/41445>

- Fleming, R. W. (1987). High-school graduates' beliefs about science-technology-society. II. the interaction among science, technology and society. *Science Education*, 71, (2), 163-186.
- 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.
- Fowler, S. R., Zeidler, D. L., & Sadler, T. D. (2009). Moral sensitivity in the context of socioscientific issues in high school science students. *International Journal of Science Education*, 31(2), 279-296.
- 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.
- Gaskell, P. J. (1982). Science Education for Citizens: Perspectives and Issues I. Science, Technology and Society: Issues for Science Teachers. *Studies in Science Education*, 9(1), 33-46.
- 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.

- Goldman, A. I. (2001). Experts: which ones should you trust?. *Philosophy and phenomenological research*, 63(1), 85-110.
- Gómez, R. J. (2014). *La dimensión valorativa de las ciencias. Hacia una filosofía política*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- 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.
- Hanson, N. R. (1958). *Patterns of Discovery, an Inquiry Into the Conceptual Foundations of Science*. Cambridge: University Press.
- Hardwig, J. (1985). Epistemic dependence. *The Journal of philosophy*, 82(7), 335-349.
- Harker, D. (2015). *Creating scientific controversies: Uncertainty and bias in science and society*. Cambridge University Press.
- Hildebrand, D., Bilica, K., & Capps, J. (2008). Addressing controversies in science education: a pragmatic approach to evolution education. *Science & Education*, 17(8-9), 1033-1052.
- 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). Springer Netherlands.

Hofstein, A., Eilks, I., & Bybee, R. (2011). Societal issues and their importance for contemporary science education—a pedagogical justification and the state-of-the-art in Israel, Germany, and the USA. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(6), 1459-1483.

Holton, G. (1978). *The scientific imagination: Case studies*. Cambridge: Cambridge University Press.

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.

Izquierdo-Aymerich, M., & Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12, (1), pp. 27-43.

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*, 12, (2), pp. 61-63.

Jenkins, E. W. (2002). Linking school science education with action. *Counterpoints*, 210, 17-34.

Jho, H., Yoon, H. G., & Kim, M. (2014). The relationship of science knowledge, attitude and decision making on socio-scientific issues: The case study of students' debates on a nuclear power plant in Korea. *Science & Education*, 23(5), 1131-1151.

- Jiménez, V. M. (1996). Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial de primaria y secundaria. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 14(3), 289-302.
- Karisan, D., & Zeidler, D. L. (2017). Contextualization of nature of science within the socioscientific issues framework: A review of research. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(2), 139-152.
- Kelly, T. E. (1986). Discussing controversial issues: Four perspectives on the teacher's role. *Theory & Research in Social Education*, 14(2), 113-138.
- Kelly, G. J., Carlsen, W. S., & Cunningham, C. M. (1993). Science education in sociocultural context: Perspectives from the sociology of science. *Science Education*, 77(2), 207-220.
- Kolstø, S. D. (2000). Consensus projects: Teaching science for citizenship. *International Journal of Science Education*, 22(6), 645-664.
- Kolstø, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science education*, 85(3), 291-310.
- Kötter, M., & Hammann, M. (2017). Controversy as a Blind Spot in Teaching Nature of Science. *Science & Education*, 26(5), 451-482.
- Kreimer, P. (1999). *De probetas, computadoras y ratones: La construcción de una mirada sociológica sobre la ciencia*. Quilmes: Universidad nacional de Quilmes.

- Kuhns, T. (1962). *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago.
- Latour, B. (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*, Massachusetts, Harvard university press.
- Latour, B. (2005). *Reassembling the social: An introduction to actor-network-theory*. Oxford: Oxford university press.
- Latour, B., & Woolgar, S. (1986). *Laboratory life: the construction of scientific knowledge*. Princeton: Princeton University Press.
- Layton, D., Jenkins, E.W., MacGill, S. & Davey, A., (1993). *Inarticulate science?: perspectives on the public understanding of science and some implications for science education*. Driffield: Studies in Education Ltd.
- 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. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of research in science teaching*, 36(8), 916-929.
- 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.

Ley de Educación Nacional N° 26.206 (2006). Congreso de la Nación Argentina, Argentina. Disponible en http://www.me.gov.ar/doc_pdf/ley_de_educ_nac.pdf

Ley de Educación Provincial N° 13.688 (2007). Anales de la Educación Común, Buenos Aires. Disponible en http://servicios.abc.gov.ar/lainstitucion/revistacomponents/revista/archivos/anales/numero07/archivosparadescargar/6_ed_pcial.pdf

Longino, H. E. (1990). *Science as social knowledge: Values and objectivity in scientific inquiry*. Princeton: Princeton University Press.

Mackenzie, A. H. (2005). Ruffling the feathers of controversy in the biology classroom. *The American Biology Teacher*, 67(7), 389-390.

- Mackenzie, J., Good, R., & Brown, J. R. (2014). Postmodernism and science education: An appraisal. In *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 1057-1086). Dordrecht: Springer.
- Marks, R., & Eilks, I. (2009). Promoting Scientific Literacy Using a Sociocritical and Problem-Oriented Approach to Chemistry Teaching: Concept, Examples, Experiences. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(3), 231-245.
- Martínez, S. M. (2003). Aprendiendo de un incidente olvidado: el episodio de Azul. *Revista Médica de Rosario*, 69, (3), pp. 12-17.
- Matthews, M. R. (1997). James T. Robinson's account of philosophy of science and science teaching: Some lessons for today from the 1960s. *Science Education*, 81, (3), pp. 295-315.
- Matthews, M. R. (1998). Introductory Comments on Philosophy and Constructivism in Science Education. En Matthews (Ed.), *Constructivism in science education: A philosophical examination*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Matthews, M. R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In *Advances in nature of science research* (pp. 3-26). Springer, Dordrecht.
- 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. In *The nature of science in science education* (pp. 53-70). Springer, Dordrecht.
- McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. En *The nature of science in science education* (pp. 3-39). 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.
- Merton, R. K. (1965). *Teoría y estructura social*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Michael, M., & Birke, L. (1994). Enrolling the core set: The case of the animal experimentation controversy. *Social Studies of Science*, 24(1), 81-95.
- Millar, R., & Osborne, J. (Eds.). (1998). *Beyond 2000: Science education for the future: A report with ten recommendations*. Londres: King's College London, School of Education.
- Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología (2007). *Mejoramiento de la enseñanza de las ciencias y la matemática: una prioridad nacional*. Fecha de consulta: Marzo de 2017. URL: exactas.uba.ar/download.php?id=733
- Moreno, N. D., & Liso, M. R. J. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 9(1).

- Nerlich, B., & Clarke, D. D. (2003). Anatomy of a media event: how arguments clashed in the 2001 human cloning debate. *New Genetics and Society*, 22(1).
- Niaz, M. (2000). The oil drop experiment: A rational reconstruction of the Millikan-Ehrenhaft controversy and its implications for chemistry textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(5), 480-508.
- Niaz, M. (2016). History and philosophy of science as a guide to understanding nature of science. *Revista científica*, 1(24), 7-16.
- Niaz, M., & Rodríguez, M. A. (2002). Improving learning by discussing controversies in 20th century physics. *Physics education*, 37(1), 59.
- 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.
- Ocelli, 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*.
- OECD (2001) Knowledge and skills for life first results from PISA (2000). Disponible en: <http://www.oecd.org/education/school/programmeforinternationalstudentsassessmentpisa/33691596.pdf>

- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What “ideas-about-science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of research in science teaching*, 40(7), 692-720.
- 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.
- Pabon, T., Muñoz, L., & Vallverdú, J. (2015). La controversia científica, un fundamento conceptual y metodológico en la formación inicial de docentes: una propuesta de enseñanza para la apropiación de habilidades argumentativas. *Educación química*, 26(3), 224-232.
- Pellegrini, P. A. (2013). *Transgénicos: ciencia, agricultura y controversias en la Argentina*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- Pinch, T. (Ed.). (1986). *Confronting nature: The sociology of solar-neutrino detection* (Vol. 5). Springer Science & Business Media.
- Pitporntapin, 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.
- Pujalte, A., Adúriz-Bravo, A., & Porro, S. (2014). De la imagen de ciencia declarativa a la de la práctica en el aula: Las imágenes del profesorado entre la visión democrática y la deficitaria. *Uni-pluri/versidad*, 14(2), 111.
- Pujalte, A. P., Bonan, L., Porro, S., & Adúriz-Bravo, A. (2014). Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes. *Ciência & Educação (Bauru)*, 20(3).
- Rando, N. V. (2016). Co-construcción de tecnologías educativas: Análisis sócio-técnico del currículo de la materia *BGyS*. *XI Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología*. Comunicación llevada a cabo en ESOCITE 2016, Curitiba, Brasil.
- Rando, N. V., & Porro, S. (2016). Análisis de una asignatura para la educación CTS: *BGyS*. *IndagatioDidactica*, 8, (1), pp. 1426-1437.
- Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: Teaching socio-scientific issues*, Maidenhead, McGraw-Hill Education.
- Ravanel, 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.

Reichenbech, H. (1949). *Experience and Prediction: an Analysis of the Foundations and the Structure of Knowledge*, Chicago, Chicago University Press.

Reis, P. (1999). A discussão de assuntos controversos no ensino das ciências. *Inovação*, 12, (2), pp. 107-112.

Reis, P. (2011). *Observação de aulas e avaliação do desempenho docente*. Lisboa, Ministério da Educação, Conselho Científico para a Avaliação de Professores. Disponível em <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).

Richard, V., & Bader, B. (2009). Re-presenting the social construction of science in light of the propositions of Bruno Latour: For a renewal of the

- school conception of science in secondary schools. *Science Education*, 94(4), 743-759.
- Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/Science Literacy. En Abell, S. K. & Lederman, N.G. (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 729-780). Routledge.
- Rosenthal, D. B. (1989). Two approaches to science-technology-society (S-T-S) education. *Science education*, 73(5), 581-589.
- Roth, W. M., & McGinn, M. K. (1998). Knowing, researching, and reporting science education: Lessons from science and technology studies. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(2), 213-235.
- Ryder, J. (2001). Identifying science understanding for functional scientific literacy. *Studies in Science Education*, 36, 1-42.
- Sadler, T. D. (2011). *Socio-scientific Issues in the Classroom*. Dordrecht: Springer.
- 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.
- Sadler, T. D., Barab, S. A., & Scott, B. (2007). What do students gain by engaging in socioscientific inquiry?. *Research in Science Education*, 37(4), 371-391.

- Sadler, T. D., Chambers, F. W., & Zeidler, D. L. (2002). Investigating the Crossroads of Socioscientific Issues, the Nature of Science, and Critical Thinking.
- Seethaler, S. (2009). *Lies, damned lies, and science: How to sort through the noise around global warming, the latest health claims, and other scientific controversies*. FT Press.
- Shamos, M. H. (1995). *The myth of scientific literacy*. New Jersey: Rutgers University Press.
- Shapin, S. (1975). Phrenological knowledge and the social structure of early nineteenth-century Edinburgh. *Annals of science*, 32(3), 219-243.
- Shapin, S., & Schaffer, S. (2005). *El Leviathan y la bomba de vacío: Hobbes, Boyle y la vida experimental*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes Editorial.
- Slezak, P. (1994). Sociology of scientific knowledge and scientific education: Part I. *Science & Education*, 3, (3), pp. 265-294.
- 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*, 14(41), pp. 515-538.
- Stake, R. E. (1999). *Investigación con estudio de casos*. Madrid, Ediciones Morata.

- Stenhouse, L. (1969). Handling controversial issues in the classroom. *Education Canada*.
- 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.
- UNESCO (2016). Aportes para la enseñanza de las ciencias naturales. Santiago: UNESCO. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002447/244733s.pdf>
- Vallverdú, J. (2005a). ¿Cómo finalizan las controversias?: Un nuevo modelo de análisis: la controvertida historia de la sacarina. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*, 2(5), 19-50.
- Vallverdú i Segura, J. (2005b). La difícil consecución de la evidencia científica: la evaluación de riesgos de la sacarina. *REDES*, 11 (21), 77-118.

- Vallverdú, J., & Aymerich, M. I. (2010). Error y conocimiento: un modelo filosófico para la didáctica de la ciencia. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 28(1), 47-60.
- 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. Disponible en: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED434007.pdf>
- Van Rooy, W. (2000). HSC Biology Teachers and the Stage 6 Syllabus. Presentado en *Annual Meeting of the Australian Association for Research in Education*, llevado a cabo en Sidney, Australia.
- 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. (2015). Co-construcción de tecnologías educativas: Análisis sociotécnico del currículo de la materia Biología, Genética y Sociedad. *XI Jornadas Latino-americanas de Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia*. Jornadas llevadas a cabo en Curitiba, Brasil.
- Walker, K. A., & Zeidler, D. L. (2007). Promoting discourse about socioscientific issues through scaffolded inquiry. *International Journal of Science Education*, 29, (11), pp. 1387-1410.

- Wellington, J. J. (1986). *Controversial issues in the curriculum*. Oxford: Basil Blackwell.
- Wynne, B. (1992). Sheep farming after Chernobyl: A case study in communicating scientific information. *When science meets the public*, 43-68.
- Zeidler, D. L. (2003). *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education*. Dordrecht: Springer.
- Zeidler, D. L. (2014). Socioscientific issues as a curriculum emphasis. *Theory, research, and practice*. In NG Lederman & SK Abell (Eds.), *Handbook of research on science education*, 2, 697-726.
- Zeidler, D. L., & Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49.
- Zeidler, D. L., & Sadler, T. D. (2007). The role of moral reasoning in argumentation: Conscience, character, and care. In *Argumentation in science education* (pp. 201-216). Springer, Dordrecht.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science education*, 89(3), 357-377.
- Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A., & Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science education*, 86, (3), pp. 343-367.

Zemplén, G. Á. (2009). Putting sociology first—reconsidering the role of the social in ‘nature of science’ education. *Science & Education*, 18, (5), pp. 525-559.

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

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.