



## FORMACIÓN DE PROFESORES

# La controversia científica, un fundamento conceptual y metodológico en la formación inicial de docentes: una propuesta de enseñanza para la apropiación de habilidades argumentativas



Teo Pabon<sup>a,\*</sup>, Liz Muñoz<sup>a</sup> y Jordi Vallverdú<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

<sup>b</sup> Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España

Recibido el 17 de junio de 2014; aceptado el 7 de abril de 2015

Disponible en Internet el 13 de junio de 2015

### PALABRAS CLAVE

Controversia científica;  
Valores epistémicos;  
Argumentación;  
Modelo de análisis de la dinámica científica

### KEYWORDS

Scientific controversy;  
Epistemic values;  
Argumentation;  
Analysis model of scientific dynamics

**Resumen** Se plantea aquí una propuesta fundamentada conceptual y metodológicamente en la controversia científica, como una opción para que los docentes en formación consigan y desarrollen habilidades argumentativas. Esto presupone una apropiación de conocimiento científico escolar, como elemento constructor que permita desarrollar controversias científicas en el aula potenciando la argumentación, la convicción y el compromiso, que son claves para el mejoramiento de la enseñanza y de la calidad educativa en la escuela.

Derechos Reservados © 2015 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0.

**Scientific controversy, a conceptual and methodological fundament in the initial teacher education: a proposal of teaching for the appropriation of argumentative skills**

**Abstract** A conceptual and methodological proposal arises here based on scientific controversy, as an option for student teachers to develop ownership and argumentative skills. This assumes appropriation of school science knowledge as constructor evidence to develop scientific controversies in the classroom enhancing argumentation, conviction and commitment, which are key to improving teaching and educational quality in school.

All Rights Reserved © 2015 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. This is an open access item distributed under the Creative Commons CC License BY-NC-ND 4.0.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [teopabon@hotmail.com](mailto:teopabon@hotmail.com) (T. Pabon).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

## Introducción

Hoy en día, en el ámbito académico se concede una importancia al aprendizaje de los contenidos y procedimientos científicos y al aprendizaje acerca de la propia naturaleza de la ciencia y de su relación con la sociedad y la cultura. Este reconocimiento se traduce naturalmente en la necesidad de introducir los contenidos metacientíficos en el currículo de formación inicial y continuada del profesorado de ciencias. Entre otras muchas cosas, ayuda a los profesores a explicitar, comunicar y estructurar sus ideas acerca de la naturaleza de la ciencia y, consecuentemente, puede derivar en una mejora de su desempeño profesional (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2002).

De esta forma la educación científica debe capacitar para la crítica y debe permitir que los jóvenes, en nuestro caso los docentes en formación del programa de Licenciatura en Química, consideren que su intervención en la sociedad es necesaria, desde una perspectiva de cambio para mejorar colectivamente; esto permite generar razonamientos derivados de los propios valores de la escuela, relacionados con los modelos y fenómenos que son relevantes para los alumnos y que contribuyen a su educación científica, esto es «enseñar a razonar», de esta manera se obtiene un conocimiento activo, que es aquel que puede aplicarse y requiere 4 elementos: una pregunta, una estructura de conocimiento en la cual tenga sentido la pregunta, ejemplos de cómo responder la pregunta y una argumentación que estructure la respuesta (Izquierdo, 2007).

Consecuente con este proceso es posible pensar en evaluar la respuesta en cuanto a su estructura conceptual o a las dimensiones en las cuales se sustentan los sujetos para elaborar sus argumentos desde campos como el social, político, ambiental, cultural, científico, entre otros.

Con lo anterior es posible analizar de qué manera son planteados los argumentos que estructuran los docentes en formación y mediante qué valores ejercen una argumentación reflexiva, pues en las controversias científicas se han identificado claramente 2 tipos de valores: los epistémicos y los no epistémicos. Delgado (2007) define los valores epistémicos como aquellos propios de la actividad científica que guían lo que sería la buena práctica científica (la verdad, la coherencia, la simplicidad o la capacidad predictiva y explicativa). Los valores no epistémicos (sociales y morales) determinan la actuación de los científicos, suplantando y/o sustituyendo a los propios valores epistémicos, siendo necesarios y consustanciales a la propia racionalidad científica. Este hecho es más fácil que ocurra en momentos donde no existe la suficiente información o cuando esta no está estandarizada: los momentos de controversia científica (Delgado, 2007).

Para alcanzar lo enunciado anteriormente se expondrá a continuación de forma breve los fundamentos teóricos en los que se basa la propuesta, los cuales posteriormente serán tratados en profundidad. Inicialmente, para analizar la forma en que los docentes en formación estructuran sus argumentos, se tomó el modelo expuesto por van Dijk (Sardà Jorge y Sanmartí Puig, 2000), según el cual los componentes fundamentales de un argumento son la justificación y su conclusión. Como herramienta para lograr este análisis se planteó el uso de las controversias científicas, que debido a su versatilidad permite interiorizar contenidos

metacientíficos y al mismo tiempo fortalecer la capacidad argumentativa, en actividades propias de la controversia, donde los actores implicados son partícipes de su propia formación, que permitan generar la construcción de argumentos a medida que se desarrolla la actividad.

La controversia es útil para llegar a la zona de desarrollo próximo (ZDP), propuesta por Vigotsky; esta zona es el tramo entre lo que el alumno puede aprender por sí mismo y lo que puede aprender con ayuda de otro, teniendo la acción docente una gran incidencia para facilitar el desarrollo de los procesos psicológicos superiores, que permiten la continua construcción de significados (Páez Salcedo, 2009). Finalmente, como instrumento de análisis de los resultados que se obtuvieron en la investigación se usó el modelo de análisis de la dinámica científica (MADiC) propuesto por Vallverdú e Izquierdo (2010) en donde se coloca el conocimiento científico frente al conocimiento social; de esta manera ofrece una visión coherente de su naturaleza, evidenciando así las relaciones entre estos 2 aspectos, y al mismo tiempo, de los procesos de dinámica científica (Vallverdú e Izquierdo, 2010).

## Controversia científica

Dada la importancia que tienen las controversias científicas, las cuales permiten un acercamiento hacia la propia dinámica de la ciencia, es imperativo comprender cómo se construyen los conocimientos, y reflexionar acerca de la ciencia, las implicaciones que genera para la sociedad y la forma en cómo es llevada al aula de clase. Para esto, se debe tener claro qué es la controversia científica, cómo se desarrolla y fundamentalmente cómo la analizamos y le damos conclusión. Inicialmente y según el diccionario de la Real Academia Española, una controversia (del lat. controversia), es la «Discusión de opiniones contrapuestas entre 2 o más personas», y si analizamos la acción de discutir esta se define como: «Contender y alegar razones contra el parecer de alguien».

Dascal (2001), en Vallverdú (2005), propone una taxonomía en torno a las controversias siguiendo un «criterio dialógico», partiendo de la idea según la cual una controversia es algo que solo es posible a través de la interacción entre diversos individuos, produciendo una actividad dialógica, y si esta no se da, no existe la polémica, la unidad básica de análisis, que Dascal divide en discusiones, disputas y controversias.

Las discusiones serían polémicas cuyo objeto estaría centrado en tópicos bien delimitados. Las disputas consistirían en polémicas que tienen como objeto de partida una divergencia bien definida, debida a actitudes, preferencias o sentimientos particulares; estas se disolverían o conducirían a polémicas sobre otros tópicos. En último lugar, una controversia respondería al punto medio entre una discusión y una disputa: habiéndose iniciado con un problema, llevaría a la aparición de múltiples divergencias, a una pluralidad de problemas entre los que cabría considerar el modo de clausurar la controversia. Para Dascal, las controversias no tendrían un fin o una disolución, sino más bien una solución, esto en relación a lo que se discute y la finalidad con la que se lleva a cabo.

McMullin (1987), en Vallverdú (2005), enuncia una tipología de las controversias científicas. La tipología define 4 variantes de controversias:

(1) De hechos, tendrían que ver con las regularidades del mundo que obtenemos a partir de la experimentación en el laboratorio; (2) de teoría, remiten al disenso respecto cuestiones meramente teóricas; (3) de principios, son las más complejas en su resolución, puesto que remiten al debate los principios metodológicos y ontológicos que subyacen a la actividad investigadora; y (4) mezcladas, son controversias en las que confluyen ámbitos sociales diferentes: ciencia, política, moralidad, etc. (Vallverdú, 2005).

Se toma en este trabajo las controversias mezcladas, las cuales nos dan mejores herramientas de partida para lograr el objeto principal de la investigación que es construir procesos metacognitivos, los cuales son entendidos por Jorba y Sanmartí (1996) como un término general que se refiere a la capacidad de controlar y ser consciente de las propias actividades de aprendizaje (Jorba y Sanmartí, 1996).

Al tener una idea de lo que es una controversia y las diferentes tipologías, debemos tener en cuenta cómo es su proceso de clausura; Tom L. Beauchamp, en Vallverdú (2005), ofrece un modelo en donde existen 5 tipos de clausuras a las controversias:

1. Clausura por argumento clave: se utilizan los recursos de la investigación científica ajena sin comprobar su veracidad;
2. Clausura por consenso: diversos implicados dentro de la controversia aceptan que algunos de los resultados obtenidos son suficientes para dar por cerrada la polémica, aunque no a partir de un argumento absoluto y definitivo;
3. Clausura procedimental: es aquella que considera acabada una controversia una vez han sido seguidas unas pautas de análisis diseñadas anteriormente con esta finalidad;
4. Clausura por muerte natural: son aquellas controversias en las que los investigadores o implicados dejan de lado los problemas debatidos ante la aparición de nuevos problemas que se convierten en una nueva controversia, sin que la controversia inicial haya sido resuelta; y
5. Clausura por negociación: sería el tipo de clausura que podríamos denominar «constructivista». Los diversos agentes que participan en una controversia deciden pactar una finalización que favorezca sus expectativas, tanto epistémicas como sociales (Vallverdú, 2005).

## Argumentación

Para Sardà Jorge y Sanmartí Puig (2000) en una sociedad democrática es necesario formar un alumnado crítico y capaz de optar entre los diferentes argumentos que se le presenten, de manera que puedan tomar decisiones en su vida como ciudadanos. Para esto el alumnado debe ir entrando en el mundo de la ciencia en la medida que tiene necesidad de utilizar los instrumentos conceptuales y procedimentales que la cultura científica ha ido construyendo y esto implica, al mismo tiempo, aprender a estructurar sus caminos de razonamiento (Sardà Jorge y Sanmartí Puig, 2000). Así como otros valores con sus correspondientes virtudes asociadas: a) constancia (ante el inevitable fracaso y desconocimiento), b) integridad (en la búsqueda del propio error) y c) humildad (ante la provisionalidad de los resultados, si nos remitimos a la evolución constante de las teorías).

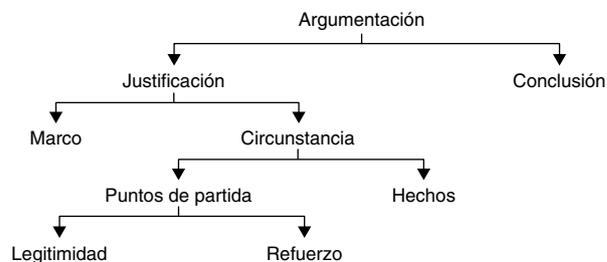


Figura 1 Superestructura argumentativa, según van Dijk (tomada de Sardà Jorge y Sanmartí Puig, 2000).

Igualmente, debemos tener en cuenta que en la construcción del conocimiento científico escolar es importante la discusión y el contraste de las ideas, pues para aprender ciencia es necesario aprender a hablar, escribir y leer ciencia de manera significativa; entonces, sería necesario dar importancia a la construcción del conocimiento propio de la ciencia escolar, por tanto la discusión de las ideas en el aula y el uso de un lenguaje personal que combine los argumentos racionales y los retóricos permitirán que el lenguaje formalizado propio de la ciencia tome todo su sentido para el alumnado (Sardà Jorge y Sanmartí Puig, 2000).

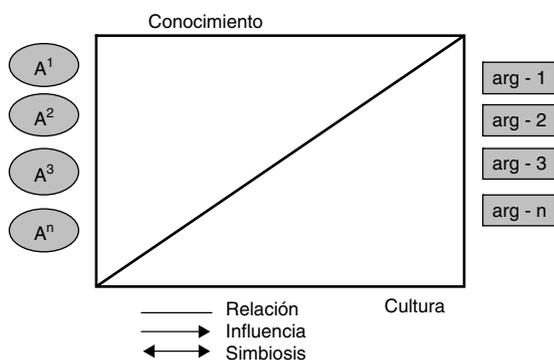
Con la controversia científica se plantean actividades comunicativas que permiten dar herramientas para que los docentes en formación tengan una mejor estructura argumentativa, pues deben enseñar a asimilar un mundo que está en constante cambio y así aprovechar los avances científicos y tecnológicos; por lo tanto en este trabajo vemos la construcción de argumentos de acuerdo a la superestructura argumentativa (fig. 1) propuesta por van Dijk en Sardà Jorge y Sanmartí Puig (2000). Según este modelo, la justificación se construye a partir de un marco general, en el contexto del cual toman sentido las circunstancias que se aportan para justificar las conclusiones. Estas circunstancias se refieren a hechos y a condiciones iniciales o puntos de partida que el emisor considera que son compartidos por el receptor (Sardà Jorge y Sanmartí Puig, 2000).

## Modelo de análisis de la dinámica científica

Para analizar la forma en que los docentes en formación desarrollan la argumentación por medio de las controversias científicas se tomó el modelo teórico filosófico desarrollado por Vallverdú e Izquierdo (2010), el modelo MADiC. Con este modelo se intenta aproximar la ciencia y la tecnología a la sociedad, con una vocación didáctica, pues se tiene el conocimiento científico y el conocimiento social separados por una línea que no es excluyente, permitiendo una flexibilidad de los argumentos, sin necesidad de basarse únicamente en uno de estos 2 aspectos. Dentro de esta matriz se representan los elementos que han sido considerados esenciales para el análisis de una polémica científica: la identificación de los agentes que intervienen, los diferentes tipos de relación entre ellos y los principales argumentos presentes.

En el esquema MADiC (fig. 2) se utilizan los siguientes símbolos:

- Los agentes se representan en forma de círculos.
- Los principales argumentos presentes se representan en forma de cuadrados.



**Figura 2** Esquema básico del modelo de análisis de la dinámica científica (MADiC) (tomada de Vallverdú e Izquierdo, 2010).

- Los diversos tipos de contactos entre los diversos elementos pueden ser: (i) Relación o contacto causal entre los elementos, que se representan por una línea recta que los une; (ii) Influencia, si se establece una relación unívoca entre los 2 elementos y se representan por una flecha; (iii) Simbiosis, cuando ambos agentes se influyen mutuamente y se representa por una flecha doble

## Zona de desarrollo próximo

El constructivismo en su aplicabilidad al proceso educativo debe suponer la planificación de disciplinas científicas, naturales, humanistas y sociales que puedan articularse desde currículos sistémicos facilitadores de la co-construcción de significados. Todo esto a partir del desarrollo de contenidos, habilidades, actitudes y valores, donde el sujeto cognoscente comprenda la revisión, autorrevisión, crítica y autocrítica de estructuras conceptuales y metodológicas en espacios educativos (Zubiria Remy, 2004.p. 27).

Para cumplir los objetivos propuestos nos basamos en la aplicabilidad del constructivismo social, apoyándonos de los procesos psicológicos superiores (PPS) y la ZDP. Los PPS son explicados por Vigotsky como: lenguaje, atención, memoria, conceptualización, juego simbólico, lecto-escritura, actitudes y razonamiento, los cuales son producto de razonamientos sociales que tiene la persona con sus semejantes, para luego interiorizarse o hacerse parte del individuo.

La ZDP es un concepto que define una zona donde la acción docente tiene gran incidencia para facilitar el desarrollo de los PPS, los cuales son imprescindibles para la estructuración de argumentos válidos; de esta manera se busca ayudar a los estudiantes a internalizar y readaptar la información nueva, incorporando así sus experiencias previas a sus estructuras mentales, lo cual posibilita que los docentes en formación tengan una transformación argumentativa mediante las controversias científicas.

Esta ZDP es el espacio entre la zona de desarrollo real (ZDR), que es la capacidad de un estudiante de resolver independientemente un problema, y la zona de desarrollo potencial, determinada por la resolución del problema bajo la guía del docente o de un compañero más aventajado. Este tramo, entre lo que el alumno puede aprender por sí mismo y lo que puede aprender con ayuda de otro, es la ZDP y se favorece en el ámbito de la interacción social, donde

el estudiante aprende de forma más eficaz cuando lo hace en un contexto de colaboración e intercambio con otros. Al lograr llegar a la ZDP se facilita el desarrollo de los PPS y se obtiene un eficaz proceso de interiorización, en donde cada proceso psicológico superior se construye 2 veces: la primera en el mundo y luego en el individuo (Páez Salcedo, 2009).

En la investigación los docentes en formación comienzan dentro de su ZDR, ya que a medida que interactúan con sus compañeros en las diferentes controversias se genera un trabajo colaborativo en donde inicialmente estructuran adecuadamente sus argumentos, y luego logran reflexionar acerca de cómo las innovaciones científicas inciden en la sociedad desde aspectos económicos, políticos, sociales, etc.; en la parte final del proceso es cuando se considera que han alcanzado la ZDP. Así, se logra que con este desarrollo de los procesos de interiorización del conocimiento se alcance una mejor calidad educativa, lo que subyace al mejoramiento de los docentes en formación como seres que no solo pertenecen a una sociedad sino también inciden en ella.

## Metodología

La investigación se realizó durante 4 meses en 4 sesiones, con 26 docentes en formación de Licenciatura en Química, en el espacio académico de Bioética. Se pretendió fortalecer sus habilidades argumentativas a partir de temas específicos que involucren aspectos políticos, sociales, científicos y éticos; asimilando cómo inciden de forma positiva o negativa en nuestros entornos, por medio de controversias donde tomaran una postura argumentada. Para el desarrollo de estos propósitos se diseñaron distintas actividades basadas en la investigación acción participativa, divididas en 6 fases:

FASE I: Revisión de literatura para la construcción del marco referencial; asimismo, se sometió a consideración con pares académicos un instrumento inicial (Anexo 1), donde se presentaron situaciones relacionadas con las temáticas trabajadas, y se aplicó previo a las controversias, determinando así la manera en que se estructuraban los argumentos al inicio de la investigación

FASE II: Aplicación del instrumento validado en la fase I, determinando el punto de partida en cuanto a estructuración argumentativa por parte de los docentes en formación.

FASE III: Es la fase investigativa; en esta fase el docente en formación se informará sobre los temas a tratar en las controversias (primera: eugenesia, organismos modificados genéticamente; segunda: fecundación in vitro, madres sustitutas; tercera: investigación en seres humanos, pruebas en animales; cuarta: armas químicas, biológicas y nucleares) tomando como referencia artículos previamente seleccionados por los investigadores en los cuales se mostraban posturas a favor y en contra, y se explica cada una de estas temáticas; a su vez, los participantes consultan otros textos que complementen la información.

En este punto de la investigación no se realizó ningún tipo de «control» de lectura, pues esta se hacía evidente al momento de la construcción de argumentos durante las sesiones de controversia, y al enfocarnos dentro del marco de la ZDP, se pretende que cada docente en formación

genere procesos de autorregulación que de la mano con la controversia fortalezca sus habilidades argumentativas.

A su vez, no se dio una explicación inicial de la forma en que se debían plantear los argumentos, pues, para que la construcción de estos fuera más sólida, al finalizar las primeras controversias se realizó una retroalimentación sobre la forma en que se estaban estructurando los argumentos y cuál era la mejor manera de hacerlo; así los docentes en formación reconocían sus propias falencias, para posteriormente estructurar mejor sus argumentos.

FASE IV: Controversia científica; cada sesión tenía una duración de 2 h, dividida específicamente en 4 momentos, dirigida por el moderador quien se encarga de: explicar la dinámica de la controversia, permitir que se desarrolle adecuadamente cada momento, tomar los argumentos claves para la clausura y realizar las observaciones.

- Momento 1: División en 2 grupos de 13 docentes en formación uno a favor y otro en contra; esta postura es elegida por los participantes de la controversia.
- Momento 2: 10 min para construir una introducción argumentada sobre su posición hacia el tema y luego, 5 min de exposición.
- Momento 3: Preguntas y contrapreguntas; los participantes tienen la opción de formular preguntas abiertas al otro grupo, de las cuales se puede generar contrapregunta. En este momento se dedica mayor cantidad de tiempo debido a que es la parte más fundamental de la controversia.
- Momento 4: Finalización de la controversia, dándose una clausura por negociación denominada así por Tom L. Beauchamp (Vallverdú, 2005). Se toman los argumentos más relevantes para pactar una finalización que favorezca las expectativas de todos los participantes, y se dan observaciones pertinentes sobre el desarrollo de la controversia, permitiendo que a medida que se avance se logre una mejor comprensión de la metodología.

FASE V: Se aplicó un instrumento final de evaluación (Anexo 2), similar al instrumento inicial, con el fin de identificar el fortalecimiento argumentativo, propositivo y la forma con la que se logra integrar la ciencia con la sociedad, que permita una reflexión más profunda del papel del docente en la formación de seres humanos y así percibir su responsabilidad con su entorno.

FASE VI: Se analizó el instrumento inicial y final a partir del modelo ZDP propuesto por Vigotsky (Páez Salcedo, 2009) y la superestructura argumentativa, según van Dijk (Sardà Jorge y Sanmartí Puig, 2000). Posteriormente se hicieron las transcripciones de los videos analizados para realizar los análisis de los videos tomados de cada controversia científica por medio del modelo MADiC (Vallverdú e Izquierdo, 2010).

Para los instrumentos tanto inicial como final se diseñaron las categorías de clasificación, que se enmarcan dentro de la ZDP, no de manera evaluativa de las actividades propuestas, sino como una forma de evidenciar los cambios que se dieron en los docentes en formación con respecto al fortalecimiento argumentativo y reflexivo; de esta manera se plantea que los docentes en formación empiezan desde su ZDR y, por la dinámica propia de la controversia científica, construyen el andamiaje necesario para llegar a la ZDP. Esto, apoyado según la secuencia argumentativa propuesta por van Dijk (Sardà Jorge y Sanmartí Puig, 2000);

**Tabla 1** Niveles de clasificación de los docentes en formación

Nivel	Descripción
Primero (ZDP)	Aquellos docentes en formación que al plantearles una problemática logran estructurar un argumento con una justificación legitimada y llegan a una conclusión
Segundo (ZDP)	Aquellos docentes en formación que al plantearles una problemática logran estructurar un argumento y llegan a una conclusión
Tercero (ZDR)	Los que al plantearles una problemática generan una conclusión no justificada
Cuarto (ZDR)	Los que solo hacen uso de la problemática expresando lo que piensan sin ninguna justificación y/o conclusión

En esta clasificación se definen 4 niveles (tabla 1), en donde se ubica a los docentes en formación de acuerdo a la forma en cómo estructuran sus argumentos, siendo el cuarto el nivel en donde comienzan los participantes (ZDR) y el primero al que se espera que lleguen (ZDP):

## Resultados y análisis

En el instrumento inicial se evidenció que los docentes en formación enfocan los argumentos desde la cultura, esto quiere decir que responden de acuerdo a las ideas previas que tienen sobre las diferentes temáticas abordadas en las controversias, sin tener un fundamento teórico; es así como la mayoría de los estudiantes se encuentran en el cuarto nivel, lo cual denota una generalidad entre los docentes en formación, en donde un alto porcentaje no da ningún tipo de estructura a sus argumentos. Hay muy pocos docentes en formación dentro del segundo y el tercer nivel, posiblemente debido a que tenían conocimientos más precisos sobre las temáticas lo cual legitimó un poco su argumentación. No se encuentra ningún docente en formación dentro del primer nivel debido a que no tienen ningún soporte teórico sobre las temáticas por lo cual no pueden dar un argumento legítimo.

Las diferentes controversias fueron grabadas en video para poder realizar el análisis, mediante el modelo MADiC, el cual se construyó por parte de los investigadores, sin la participación de los docentes en formación, quienes accedieron a esta información luego de la conclusión de la investigación. De esta manera, en las primeras controversias fueron evidentes las pocas interacciones que se dieron entre los participantes, siendo más común la simbiosis en donde se encontraron varios casos en los cuales había una influencia mutua entre los participantes de la controversia, así como relaciones causales al interior de cada uno de los grupos. A continuación se muestran algunos ejemplos de los argumentos expuestos:

«Yo creo que no se justifica que el deseo de los padres por tener un hijo pase por encima de tantas vidas, ya que las

posibilidades de éxito en la fecundación in-vitro son muy bajas»

«Las malformaciones se dan también por la fecundación in-vitro, lo que está aprobado en muchas revistas de ciencia y en los artículos leídos, pérdida de alrededor 24 embriones para lograr un embarazo exitoso, y entonces los otros 23 embriones serían como un aborto, de esta forma estamos de acuerdo con los abortos»

«A partir de lo anteriormente dicho por K.: ¿en dónde queda la ética médica?»

Gran parte de los argumentos dados se justifican dentro de ámbitos culturales y éticos, siendo solo un participante el que intenta argumentar desde hechos científicos, asimismo se generaron pocos argumentos válidos; esto permite reflejar el poco conocimiento científico que se tiene de las temáticas tratadas en esta controversia, a pesar de que se tenían los apoyos teóricos necesarios que se encontraban en los diferentes artículos proporcionados. Esto puede ser debido a que la metodología no había sido totalmente comprendida, o a que no existía un hábito de lectura entre los participantes que permitiera un mejor desarrollo de la actividad, e incluso pueden coexistir al mismo tiempo estos 2 sucesos.

En las controversias 3 y 4 se observa una mayor cantidad de argumentos válidos entre los participantes, resaltando que estos son dados desde posturas científicas sin alejarse de lo social, dando alternativas para el uso de los avances científicos enmarcados dentro de la CTS, lo cual generó una mejor interacción entre los mismos y un buen desarrollo de la actividad. Debido a que existía un mejor manejo de las temáticas no se permitían muchas relaciones de influencia entre unos y otros; en cambio aumentaron las relaciones de simbiosis al interior de cada grupo, pues se influían mutuamente para poder dar mejores argumentos a los planteamientos expuestos por el otro grupo. A continuación se muestran algunos ejemplos de los argumentos expuestos:

«Ninguna razón es suficiente para justificar el sufrimiento de otro ser vivo, yo creo que eso más que figurar en una ley debe ser un principio básico de todos los seres humanos, o sea la ciencia no puede controvertir a la conciencia. Existen métodos alternativos como los biológicos, procesos in-vitro y los no biológicos, los cuales son menos costosos y más eficaces en cuanto a la producción de conocimiento»

«los métodos alternativos, como dice en el artículo de investigaciones en animales, como la experimentación in-vitro, o los modelos computarizados, en donde la parte teórica se va adaptando con la parte práctica; primeramente se revisa la parte teórica, luego se plantean ciertas hipótesis y luego se realiza la experimentación, estas nuevas alternativas ya se están implementando en muchas empresas y no hay maltrato animal»

«Dicen que los métodos computarizados no son capaces de plasmar procesos biológicos ni bioquímicos, pero, ¿cómo van a saber esto si no los han usado? Todos los procesos que se han usado han sido eficaces debido a que su uso es continuo y se ha buscado la manera de mejorarlos.

Ustedes han hablado de las leyes, pero cómo creen que una industria cualquiera va a respetar estas reglas que son para animales, si ni siquiera se respeta la dignidad humana»

Al finalizar las diferentes controversias, se realizó el instrumento final; en este no se encontraron docentes en formación en el cuarto nivel, ya que debido a las controversias todos tenían alguna idea de las temáticas abordadas y como mínimo presentaban una conclusión sin justificación alguna, algunos de los docentes en formación se ubicaron en el tercer nivel. En el segundo nivel se ubicó la mayoría de los participantes en donde algunos se fundamentan desde conocimiento-cultura y otros únicamente en la cultura, pero logran llegar a una conclusión basados en un argumento válido aunque sin justificación. En el primer nivel encontramos que para algunos de los docentes en formación sus argumentos son justificados y de esta forma llegan a una conclusión válida, resaltando que se fundamentan tanto desde el conocimiento como de la cultura de forma equilibrada.

Como parte final de la discusión se hace necesario realizar las comparaciones pertinentes tanto en los instrumentos como en las controversias, para corroborar los efectos de la controversia científica como estrategia de enseñanza, en la mejora crítico-argumentativa de los docentes en formación, y observar qué tan determinante e influyente fue la metodología utilizada.

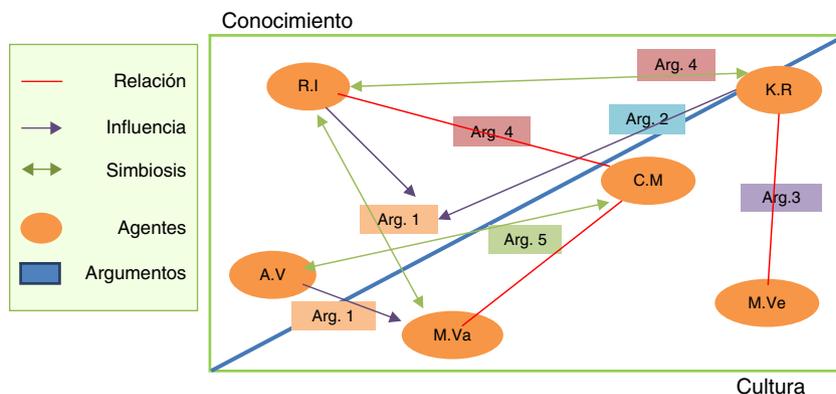
## Comparación de las controversias

Durante las diferentes controversias realizadas se encontró que la estructuración de los argumentos mejoró de forma gradual por parte de los agentes participantes, de esta manera hubo una mayor coherencia en los aportes que se daban para el desarrollo de la actividad, mostrándose así una mayor interacción entre los participantes y el aumento de las relaciones entre los diferentes argumentos. (Modelo MADiC para la controversia 4, [figura 3](#), los participantes se representan como R.I, K.R, etc.). Esto contrastó totalmente con lo mostrado al inicio de las controversias en las cuales las interacciones carecían de justificación.

## Comparación de instrumentos

En la comparación de los instrumentos ([fig. 4](#)) es donde se ve mejor reflejada la incidencia de las controversias científicas, debido a que al inicio de la investigación los participantes mostraban argumentos sin ningún tipo de refuerzo, y, al terminar la investigación, se observan algunos argumentos con cierto grado de legitimidad y otros con una buena estructura argumentativa.

En el instrumento inicial, 13 estudiantes se ubicaron en el cuarto nivel, 9 en los niveles segundo y tercero, y ninguno en el primer nivel; esto fue debido a que no había ningún soporte teórico de las temáticas tratadas en las controversias, lo cual no permitía que los argumentos tuvieran alguna justificación basada en hechos reales que permitiera luego un análisis de las situaciones, para dar paso a una conclusión reflexiva, dando así un argumento válido según la superestructura argumentativa de van Dijk ([Sardà Jorge y Sanmartí](#)



**Figura 3** Análisis de los aportes hechos por los docentes en formación de acuerdo al modelo MADiC (adaptado de Vallverdú e Izquierdo, 2010).

Puig, 2000). A continuación se incluyen algunas respuestas del instrumento inicial (Anexo 1):

Pregunta 1: «La frase dice algo muy lógico, pues un niño producido, no va a tener la familia y el apoyo moral de una comunidad, en este caso se estaría fabricando una máquina sin ‘mente o moral’»

Pregunta 2: «Considero que son injustas las condiciones en las que son sometidos estos animales, pero por cuestiones científicas dependiendo del objetivo de las investigaciones se podrían justificar estos procedimientos»

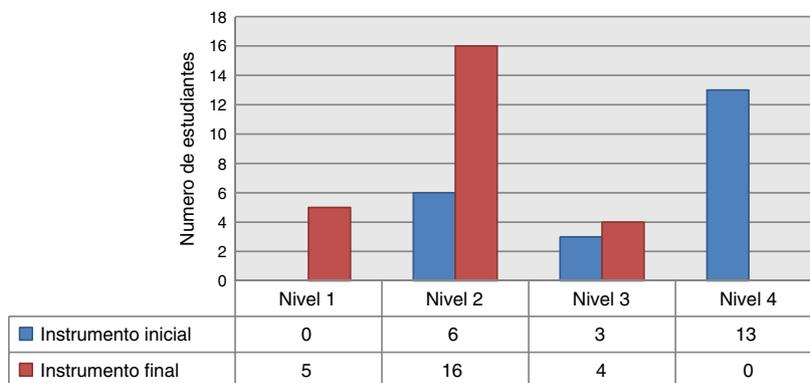
Pregunta 3: «La fecundación in-vitro es una opción bastante buena para aquellas mujeres que no pueden tener hijos, aunque moralmente sería incorrecto, (religión, etc.) me parece bien»

En el instrumento final los argumentos son bien diferenciados con respecto al anterior instrumento, pues no se ubicó ningún estudiante en el cuarto nivel, 4 se sitúan dentro del tercer nivel y 16 en el segundo, lo cual es un resultado positivo, denotando un avance en la estructuración argumentativa de los docentes en formación; finalmente encontramos 5 docentes en formación en el primer nivel, los cuales lograron llegar a este punto quizás debido a que ya contaban con cierto nivel de argumentación, ubicándose desde el principio dentro de la ZDP, lo cual fue fortalecido

durante la investigación y les permitió una mejor apropiación argumentativa, aunque algunos no llegaron a este nivel. Se debe tener en cuenta que ya no se ubicó ningún estudiante en el cuarto nivel, lo que podría ser un indicio de que si el proceso hubiese sido más largo los resultados obtenidos serían mejores. A continuación se incluyen algunas respuestas del instrumento final (Anexo 2):

Pregunta 1: «Una mala manipulación de las estructuras moleculares podría desencadenar una nueva peste o generar enfermedades degenerativas en los seres humanos y en los animales y plantas involucradas, pese a que aunque se espera una mejora de los individuos manipulados, los errores en el proceso son inevitables y podrían generar aspectos negativos, tales como: creación de nuevas enfermedades, desarrollos de cáncer, acortamiento de la vida de los seres implicados posteriormente y hasta erradicación de especies»

Pregunta 2: «No, ya que los problemas que existen en países subdesarrollados referentes a la hambruna se deben a la negligencia de los gobiernos que se rehúsan a donar o ayudar; además hoy en día sabemos que la comida no es un bien escaso ya que en muchos países se botan toneladas que estarían beneficiando a las poblaciones. En otras palabras, los alimentos transgénicos llegarían a las mismas comunidades que tienen recursos para comprarlos»



**Figura 4** Clasificación de los docentes en formación en los instrumentos inicial y final.

Pregunta 3: «Es deber del médico tratante, pero son los científicos e investigadores quienes se dedican a la investigación con seres humanos y animales. Además en el caso de realizar procedimientos sobre humanos estos dan su aceptación, pero en el caso de los animales no, por ello estoy en desacuerdo en prácticas de este tipo, sobre los mismos»

## Conclusiones

Luego de las sesiones de controversia, al aplicar el instrumento final se vio una mejora en la secuencia argumentativa por parte de los docentes en formación; este mejoramiento de estas habilidades es solo el primer paso dentro del proceso educativo de los docentes en formación, que permitirá un mejor proceso metacognitivo de otros conceptos, y un mejor uso de estos en el momento de enfrentarse a sus estudiantes. De la misma manera, la controversia científica puede seguir teniendo un papel importante en el resto del proceso formativo, ya que debido a su versatilidad permite ser usada para la enseñanza de conceptos específicos los cuales a través de su desarrollo histórico han sido el centro de grandes enfrentamientos entre científicos; igualmente pueden ser utilizadas en cualquier área del conocimiento, dando herramientas para desarrollar en los estudiantes los PPS y otra serie de habilidades que hoy son tan necesarias para estar inmersos dentro de la sociedad.

En el proceso de las 4 controversias los docentes en formación evidenciaron paulatinamente un avance respecto a 2 puntos: el primero se refiere a la fundamentación teórica para fortalecer sus argumentos, el segundo al análisis del impacto social de los avances tecnológicos; esto se evidencia cuando dan respuesta a diferentes problemáticas de forma escrita y verbal, lo cual hace referencia a la puesta en escena de argumentos críticos que consideran la importancia del conocimiento científico y su relación con la sociedad.

La controversia científica permite crear interés en los estudiantes mejorando actitudes y aptitudes crítico-argumentativas en pro de ciudadanos reflexivos en diferentes situaciones, lo cual es importante en los formadores de niños, adolescentes, jóvenes y adultos, al innovar metodológica y actitudinalmente en el desempeño en el aula.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Anexo 1. Apartado del instrumento inicial

El siguiente test tiene la finalidad de revisar las ideas previas que tienen los estudiantes sobre los temas que se trabajarán en los debates de controversia científica.

1. Qué piensa frente a esta frase: «La dignidad del ser humano exige que los niños no sean producidos, sino procreados.»
2. En el mundo entero mueren animales en pruebas cosméticas antes de que cualquier producto llegue a sus manos, lo prueban directamente en los animales para ver cuál será su posible efecto y los someten a pruebas en sus

cuerpos. Los animales son aislados, privados de comida, agua o sueño, sometidos a estrés psicológico, infectados con enfermedades, paralizados, irradiados entre otras pruebas. ¿Cree usted que esto es necesario para que el ser humano avance científicamente y/o supla algunas necesidades de su vida diaria?

3. El siguiente párrafo es extraído de la página [www.fecundacioninvitro.com](http://www.fecundacioninvitro.com) y es una de las formas de cómo la industria especializada ofrece la fecundación in vitro: La cantante Celine Dion de 42 años y su marido Rene Agelil de 68 años por fin van a tener el hijo que andaban buscando gracias a la fecundación in vitro. La cantante ha tenido que esperar al séptimo intento para conseguir el embarazo, pero ya es prácticamente seguro que será viable puesto que en la actualidad está en la semana 14 de embarazo. La artista ha reconocido que el camino ha sido agotador sobre todo mentalmente, y que en ciertos momentos le pareció que era una meta inalcanzable, pero que a pesar de todo nunca se rindió. Celine ya había comunicado que se sometería al número de ciclos necesarios hasta quedar embarazada, y su persistencia ha logrado sus frutos en forma de gemelos. Ahora su hijo de 9 años tendrá 2 nuevos hermanitos/as con los que jugar, enhorabuena a la pareja.

## Anexo 2. Apartado del instrumento final

El siguiente test tiene la finalidad de observar la transformación argumentativa que tienen los docentes en formación sobre los temas que se trabajaron en los debates de controversia científica.

1. En su artículo, José Ramón Acosta Sariego manifiesta: «las biotecnologías han permitido “tocar” y manipular literalmente las estructuras moleculares para abrir una senda de grandes esperanzas y torvas preocupaciones, por lo que los organismos modificados genéticamente (OMG) pueden significar en términos de beneficios y peligros potenciales.» ¿está usted de acuerdo o en desacuerdo con esta afirmación? Plantee y defienda su posición desde los beneficios o desde los peligros.
2. Antón Almudena menciona en su artículo *Organismos modificados genéticamente*: «Los métodos clásicos de mejora genética (elección e hibridación) han permitido obtener nuevas especies de plantas e híbridos, con mejores rendimientos productivos o con características agronómicas más favorables. A partir de los años ochenta, la aplicación de nuevas biotecnologías suscita la enorme polémica en que se encuentra sumergida la utilización o no de los denominados productos transgénicos u organismos modificados genéticamente en la elaboración de alimentos» ¿Cree usted que se pueden disminuir los índices de muerte por hambre en países subdesarrollados introduciendo estos tipos de mejora genética?
3. La Organización Mundial de la Salud (OMS) en sus principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos menciona: «En la investigación médica es deber del médico proteger la vida, la salud, la intimidad y la dignidad del ser humano». Argumente si este principio

ético de la OMS se ve reflejado en las implicaciones sociales que tiene la investigación con seres humanos y animales.

## Referencias

- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo, M. (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.
- Delgado, M. (2007). Valores en controversias: la investigación con células madre. *Revista CTS*, 3(9), 9–31.
- Izquierdo, M. (2007). Aspectos epistemológicos en la enseñanza de la ciencia. En J. A. Chamizo (Ed.), *La esencia de la química. Reflexiones sobre filosofía y educación* (pp. 27–59). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Jorba, J. y Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua*. España: Ministerio de Educación.
- Páez Salcedo, J. (13 de mayo de 2009). El Constructivismo Social: la lección de Lev Vigotsky (p. 4). *El Comercio*.
- Sardà Jorge, A. y Sanmartí Puig, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 18(3), 405–422.
- Vallverdú, J. (2005). ¿Cómo finalizan las controversias? Un nuevo modelo de análisis: la controversia histórica de la sacarina. *Revista CTS*, 2(5), 19–50.
- Vallverdú, J. e Izquierdo, M. (2010). Error y conocimiento: un modelo filosófico para la didáctica de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 47–60.
- Zubiria Remy, H. D. (2004). *El constructivismo en los procesos de enseñanza aprendizaje en el siglo XXI* (1.ª ed.). México: Plaza y Valdés editores.