

ISBN: 978-628-7519-58-9

Formar en ciencias y formar en ciudadanía: reto de la educación en Ciencias en el Siglo XXI

Ángel Enrique Romero-Chacón
Yirsén Aguilar Mosquera



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Educación

Formar en ciencias y formar en ciudadanía: reto de la educación en Ciencias en el Siglo XXI /
Ángel Enrique Romero-Chacón y Yirsén Aguilar Mosquera. Medellín.
Universidad de Antioquia. 2022

ISBN: 978-628-7519-58-9

52 páginas. (Colección Educativa Aula Abierta).

1. Educación superior. 2. Ciencias naturales 3. Educación e investigación en temas relacionados con ciencias naturales. 4. Ciencias sociales.

500; 507 (scdd ed. 20)

Formar en ciencias y formar en ciudadanía:
reto de la educación en Ciencias en el Siglo XXI

Colección Aula Abierta
@Ángel Enrique Romero-Chacón
@Yirsén Aguilar Mosquera
ISBN: 978-628-7519-58-9

Primera edición: mayo de 2022

Facultad de Educación Universidad de Antioquia
Fondo de publicaciones
Teléfono: 2195708
Correo electrónico: edicioneducacion@udea.edu.co
Calle 67 No. 53—108 Bloque 9 Oficina 120

Grupo de Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza —ECCE—
Universidad de Antioquia
Medellín, Colombia

Diseño y diagramación: [Maestros que escriben](#)
maestrosqueescriben@gmail.com
Coordinación editorial: Sebastián López
Imagen de portada: Frank-Stella Tomada de <https://www.formidablemag.com/frank-stella/>

El contenido de la obra corresponde al derecho de expresión de los autores
y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia.

 creative
commons



Formar en ciencias, formar en ciudadanía

Tabla de contenido

Presentación	5
Capítulo uno: Contextualización	7
Capítulo dos: Articulación entre formación científica y formación ciudadana	15
Capítulo tres: Consideraciones didácticas	29
Los autores	63
Bibliografía	65

Presentación

El presente texto recoge algunos de los resultados de la investigación titulada *Hacia un enfoque socio-cultural de la enseñanza de las ciencias, contribuciones de la formación científica a la cultura de la paz*, adelantada por el Grupo de Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza —ECCE—, de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia), entre el 2018 y 2021, y financiada por el CODI (Cód. 2016-13092). El propósito general de la investigación fue analizar las posibles relaciones (conceptuales y metodológicas) entre una formación *en* y *sobre* las ciencias naturales, (contextualizada con reflexiones de la historia, la filosofía y la sociología de las ciencias) y una formación para el ejercicio de la democracia y el pluralismo.

La investigación fue motivada por los retos que impone el posconflicto colombiano como transición hacia la paz, contexto que supone la construcción e interpretación de nuevas dinámicas sociales por parte de grupos e instituciones que le apuestan a la formación del ciudadano del siglo XXI, y para lo cual la educación en ciencias tiene mucho que aportar. Es en este orden de consideraciones que autores como Nussbaum (2010) señalan la urgencia de fomentar una cultura de pensamiento crítico y debate respetuoso, como un camino para superar las profundas divisiones que caracterizan nuestras relaciones sociales, resaltando el rol de las humanidades y su enseñanza en este propósito. En este contexto, se configura una oportunidad histórica para dinamizar la reflexión de la educación en ciencias, en particular en el contexto de la formación de profesores. Surgen, en este sentido, preguntas como: ¿Cuál es el aporte de la educación en ciencias a la formación de una comunidad democrática que favorezca los procesos de reconciliación y respeto por la diferencia? ¿Qué perspectivas y enfoques de la enseñanza de las ciencias son los adecuados y pertinentes para favorecer una cultura democrática?

En efecto, una educación en ciencias contextualizada se configura hoy en un reto ineludible. No sólo porque es necesaria para que, a través suyo, la sociedad colombiana se ponga a tono con las perspectivas del mundo contemporáneo y entre en diálogo con los sectores de producción de conocimiento científico y tecnológico, sino, también, porque se constituye en una necesidad inseparable de la formación del hombre como sujeto social, respetuoso de las diferencias, sensible al cuidado de la naturaleza y abierto al pluralismo.

Con estas consideraciones como referente, *Formar en ciencias y en ciudadanía: reto de la educación en ciencias en el siglo XXI* es una propuesta alternativa con la que se plantea y ejemplifica una relación de constitución entre el contexto de la educación en ciencias y el contexto de formación y acción ciudadana.

El texto está organizado en tres partes. Inicialmente se plantea una contextualización en la que, atendiendo a los desafíos que impone el mundo actual, se examina el inaplazable reto que deben enfrentar las instituciones educativas de Colombia en relación con la necesidad de construir sociedades con sólidos principios democráticos que garanticen la equidad, la inclusión y un buen vivir en sociedad. En esta contextualización se examina el hilo de formación ciudadana que se construye desde la política pública, así como los enfoques vigentes que se privilegian en las instituciones educativas de Colombia.

En la segunda parte se presentan algunas perspectivas para significar la ciudadanía, resaltando aquellas que se encuentran en estrecha relación con una comprensión de civilidad. Complementariamente, se exponen algunos planteamientos surgidos de reflexiones de la historia, la epistemología y la sociología de las ciencias, que determinan ciertos rasgos distintivos de lo que podría llamarse una imagen socio-cultural de las ciencias. Asumiendo como eje articulador las reflexiones metacientíficas abordadas, se plantean los elementos estructurales de una propuesta que relaciona explícitamente la formación científica con la formación ciudadana, consiste en la selección de algunos episodios históricos de las ciencias, problematizados a la luz de ciertos contextos o dimensiones de análisis: el contexto metacientífico, el contexto de formación científica y el contexto de formación ciudadana. Las diferentes reflexiones y análisis de estas partes están acompañadas con el planteamiento de algunas cuestiones a ser abordadas por el colectivo de maestros del área de Ciencias Naturales, con el propósito de contribuir a explicitar la intencionalidad formativa del área en los contextos educativos particulares.

Finalmente, en la tercera parte, se presentan algunas consideraciones didácticas por medio de las cuales se fundamentan e ilustran algunas actividades y secuencias didácticas para la clase de ciencias, así como sus formas particulares de implementarlas en el aula. Ellas ejemplifican una manera alternativa de establecer y presentar la relación entre la formación científica y la formación ciudadana, fundamentada en la propuesta planteada. En cada una de las actividades y secuencias didácticas diseñadas se explicitan los objetivos de enseñanza y aprendizaje, el nivel educativo al cual se dirige, y se describen las actividades concretas.

El texto está dirigido a profesores de ciencias naturales, en formación y en ejercicio, interesados en indagar por las posibles relaciones entre la formación en ciencias y la formación ciudadana. Esperamos que constituya una alternativa de propuestas que, a modo de caja de herramientas, contribuya a la construcción de una visión crítica del conocimiento disciplinar por parte de los profesores de ciencias que les permita comprender la naturaleza histórica y social de la actividad científica, y —simultánea y complementariamente— visibilizar y poner en práctica el ejercicio de la autonomía, la deliberación, la convivencia y la tolerancia.

Los autores

CAPÍTULO UNO: CONTEXTUALIZACIÓN

Para la reflexión:

- 1. ¿Qué reflexiones se plantea el área de ciencias naturales ante los desafíos actuales?**
- 2. Según los retos del mundo actual, ¿por qué se debe enseñar ciencias naturales?**
- 3. ¿Cuál es el alcance formativo de las ciencias naturales?**
- 4. ¿Cuáles son las características de la propuesta del área enfocada a la formación ciudadana?**

Introducción

Formar en ciencias, formar en ciudadanía es el inaplazable compromiso que, en la actualidad, deben asumir las instituciones educativas para abordar los desafíos que enfrenta la humanidad, en particular en nuestro contexto colombiano; desafíos que señalan la necesidad de construir sociedades con principios democráticos e incluyentes que garanticen la equidad y el vivir pacíficamente. Sostenemos aquí que, para concretar estos principios, se requiere: entender la sociedad como construcción humana; transitar por el camino de una cultura para la paz; formar ciudadanos con capacidad para leer críticamente los contextos e interpretar las condiciones que lo determinan; convivir y construir pacíficamente y en medio de las diferencias y, en consecuencia, establecer consensos pese a pensar diferente.

Ante este panorama, el Ministerio de Educación Nacional (en adelante MEN)

precisa que:

Preguntarse por la formación ciudadana que un país ofrece a las nuevas generaciones es de vital importancia para cualquier nación. En las circunstancias actuales de Colombia esta pregunta cobra una mayor relevancia cuando, como sociedad, estamos haciendo enormes esfuerzos por buscar alternativas que nos permitan resolver los conflictos de una manera pacífica, superar la exclusión social, abrir nuevos espacios para la participación ciudadana, enfrentar los altos índices de corrupción y lograr relaciones más armoniosas en las instituciones educativas, los lugares de trabajo, los espacios públicos y los hogares de muchos colombianos y colombianas. (MEN, 2006, p.148)

En relación con estos desafíos, coincidimos con Nussbaum (2010) en la urgencia de fomentar una cultura de pensamiento crítico y debate respetuoso como forma para superar las profundas divisiones que caracterizan nuestras relaciones sociales, resaltando el rol de las humanidades y su

enseñanza en este propósito. En este contexto, en el que los procesos dialógicos y de socialización se constituyen en el factor clave, reiteramos que es inaplazable para las instituciones educativas asumir su rol fundamental de educar para que la diversidad y la diferencia se constituyan en la posibilidad de crecimiento cultural.

Para abordar estos retos, y dando cumplimiento a la ley 1620 de 2013, mediante la cual se crea el “Sistema Nacional de Convivencia Escolar y formación para el ejercicio de los derechos humanos, sexuales y reproductivos y la prevención y mitigación de la violencia escolar”, el MEN ha trazado algunos lineamientos para orientar al sector educativo en la reflexión y puesta en práctica de las competencias necesarias para el ejercicio de la ciudadanía. De acuerdo con tales lineamientos, las competencias ciudadanas necesarias para consolidar una comunidad democrática han de incluir tres dimensiones fundamentales: convivencia y paz, participación y responsabilidad democrática, y pluralidad, identidad y valoración de las diferencias (Chaux, Lleras & Velásquez, 2004).

En el caso particular de la formación en ciencias, la UNESCO-ICSU (1999) ha señalado la necesidad de promover la educación científica en todos los sectores de la sociedad, a fin de propiciar una mejor participación ciudadana en la toma de decisiones, en acciones responsables y en comportamientos dignos de un ciudadano. En esta misma línea, Hodson (2003) plantea la necesidad de una enseñanza *de las ciencias* (i.e. de los contenidos teóricos y conceptuales) y *sobre las ciencias* (i.e. de aspectos acerca de naturaleza de las ciencias): para la acción humana se requiere una formación que no solo incluya el conocimiento de nociones básicas de la ciencia, sino que, además, propicie reflexiones que articulen la formación en ciencias y la formación ciudadana.

En este sentido, sostenemos que uno de los retos de la formación en ciencias es la de establecer una adecuada relación entre las habilidades científicas y las habilidades ciudadanas; habilidades que le permiten al ciudadano tomar decisiones informadas y prever las consecuencias de sus actos.

Para la reflexión:

1. **¿Cuál es el concepto de ciudadanía que se aborda en el proceso de formación de las ciencias naturales?**
2. **¿Qué estrategias implementa el área de ciencias en pro del desarrollo de habilidades que favorezcan el pleno ejercicio de ciudadanía?**
3. **¿Cuáles de las metas propuestas en los estándares básicos de competencias ciudadanas se precisan en los Planes de Área y qué estrategias se implementan para alcanzarlas?**
4. **¿Qué relación se establece entre las metas establecidas para el área y las metas de formación ciudadana?**

Política y enfoques para la formación ciudadana

En este apartado se examina cómo se orienta la formación ciudadana desde la política pública y los enfoques de las propuestas de formación ciudadana que desarrollan algunas instituciones educativas del país.

La formación ciudadana desde la política pública

El marco normativo que orienta el horizonte de la formación ciudadana tiene como propósito central el reconocimiento de la dignidad y los derechos inalienables de la humanidad. En este sentido, la Declaración Universal de los Derechos Humanos, adoptada en París el 10 de diciembre de 1948 por la Asamblea General de las

Naciones Unidas, en el primer considerando del preámbulo expresa que “[...] la libertad, la justicia y la paz en el mundo tienen por base el reconocimiento de la dignidad intrínseca y de los derechos iguales e inalienables de todos los miembros de la familia humana” (p.5). En este marco de los Derechos Humanos, en la Constitución Política de Colombia de 1991 se reconocen los derechos y deberes de todos los colombianos, en particular, la defensa y promoción de estos Derechos y la participación directa en la construcción de una sociedad que propenda por la paz (MEN, 2006).

En este marco normativo subyace un concepto de ciudadanía que se constituye en el fundamento central de los Estándares Básicos de Competencias Ciudadanas (EBCC), el cual parte de la premisa básica

de que es característica de los seres humanos vivir en sociedad (MEN, 2006). Al respecto, conviene precisar que este concepto de ciudadanía implica que se es ciudadano si se piensa en el otro; es decir, esto supone pensar siempre en el bien común: la ciudadanía se precisa en relación con el otro.

Ante esta concepción de ciudadanía en los EBCC se plantea una propuesta de formación que sitúa en el foco el desarrollo de competencias y conocimientos, la participación activa y constructiva de los jóvenes. Y es justamente en este sentido que el Ministerio de Educación señala la necesidad de una formación centrada en cívica y valores “para participar activa y responsablemente en las decisiones colectivas de manera democrática, para resolver los conflictos en forma pacífica y para respetar la diversidad humana, entre otros [elementos] importantes, como proteger el medio ambiente.” (MEN, 2006, p. 154)

Para responder a estos desafíos, en particular los señalados en este marco normativo, desde los EBCC se plantean unas metas que articulan los propósitos de la formación ciudadana. Al respecto, se señala desde el Estado el interés de formar ciudadanos que cuenten con las herramientas para asumir el pleno ejercicio de la ciudadanía y así aportar a la consolidación de una sociedad democrática.

En dichos EBCC estas metas se preci-

san en los siguientes términos:

Fomentar el desarrollo de conocimientos ciudadanos. Para orientar la acción ciudadana se requiere fomentar el desarrollo de conocimientos.

Promover el desarrollo de competencias comunicativas. Para comunicar asertivamente los propios intereses se requiere establecer un diálogo constructivo con el otro. Aquí, el diálogo se entiende como la conversación o intercambio en el que las personas involucradas se reconocen mutuamente como seres humanos que merecen respeto y atención, es decir, en el diálogo, el otro se reconoce como un interlocutor válido.

Promover el desarrollo de competencias cognitivas. Entre estas competencias se destacan la competencia para generar alternativas de solución a los conflictos, para identificar las distintas consecuencias que podría tener una decisión, para ver la misma situación desde el punto de vista de cada una de las personas o de los grupos involucrados y las competencias de argumentación, reflexión y análisis crítico, entre otras.

Promover el desarrollo de competencias emocionales. Las competencias emocionales permiten la identificación y respuesta constructiva ante las emociones propias y las de los demás.

Promover el desarrollo de competencias integradoras. Las competencias integradoras articulan, en la acción misma, todas las demás competencias y conocimientos.

Fomentar el desarrollo moral. El desa-

rollo moral es el avance cognitivo y emocional que permite a las personas tomar decisiones cada vez más autónomas que reflejen preocupación por el bien común.

Aportar a la construcción de la convivencia y la paz. Desarrollar capacidades en los estudiantes para resolver sus diferencias mediante el diálogo y sin acudir a la violencia.

Promover la participación y responsabilidad democrática. Desarrollar la capacidad para la participación democrática a fin de generar transformaciones sociales.

Promover la pluralidad, identidad y valoración de las diferencias humanas. Se requiere enseñar a las y los estudiantes a respetar a quienes son diferentes, reconocerlos como sujetos con los mismos derechos y deberes, e interesarse auténticamente por la perspectiva desde la cual el otro u otra observa la realidad y así hacerse a modelos cada vez más complejos de nuestra sociedad. (MEN, 2006).

Para alcanzar estas metas, se propone la construcción de ambientes democráticos y pacíficos y la formación transversal a todas las áreas. Además de estos ambientes de aprendizaje, se señala la necesidad de crear espacios específicos en los que se trabaje la formación ciudadana y realizar procesos de evaluación que permitan orientar las estrategias y recursos para garantizar la eficacia de los procesos.

Complementario con lo anterior, me-

diante la ley 1732 del 1 de septiembre de 2014, en Colombia se establece la Cátedra de la Paz en las instituciones educativas. Esta ley, en el segundo párrafo, plantea como objetivo crear y consolidar un espacio para el aprendizaje, la reflexión y el diálogo sobre la cultura de la paz y el desarrollo sostenible que contribuya al bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población. Para este propósito, en el tercer párrafo se precisa que la Cátedra será un espacio de reflexión y formación en torno a la convivencia con respeto, con fundamento en el artículo 20 del Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos.

En este mismo marco de política pública se establecen los Estándares Básicos de Competencias en ciencias naturales (EBCCN). En estos se estructuran, entre otros saberes, las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad y los compromisos personales y sociales. Estos últimos están referidos al compromiso que el individuo asume como persona y como miembro de una sociedad cuando conoce y valora críticamente los productos y avances de la ciencia (MEN, 2006). Al respecto se plantea que:

El propósito más alto de la educación es preparar a las personas para llevar vidas responsables cuyas actuaciones estén a favor de sí mismos y de la sociedad en su conjunto. La educación en ciencias tiene en ello un papel fundamental al aportar a la formación de

seres humanos solidarios, capaces de pensar de manera autónoma, de actuar de manera propositiva y responsable en los diferentes contextos en los que se encuentran (p. 105).

Hasta aquí, se han resaltado los aspectos que, para el propósito nuestro, son clave como política pública en la formación ciudadana. Al respecto, conviene decir que, en este marco de la política pública, el eje estructurante se centra en promover y proteger los principios básicos de la vida y los que favorecen la convivencia armónica y la participación en los procesos democráticos que propicien las transformaciones sociales para el buen vivir.

La formación ciudadana en los contextos educativos

Los enfoques actuales para la formación ciudadana, según Chaux (2004), presentan serias limitaciones que impiden el impacto deseable en la vida de los estudiantes. Según este autor, en las propuestas específicas, además de evidenciarse una formación implícita, el tiempo y el espacio asignado para este proceso es limitado: las propuestas sólo se conciben para el área de Constitución y Democracia, o de Ética y Valores Humanos. Complementariamente, los contenidos enseñados se limitan al aprendizaje de normas y a la transmisión de valores sin contexto de aplicación.

Como alternativa para superar estas limitaciones, Chaux (2004) propone una formación en ciencias fundamentada en cinco principios:

Abarcar todas las competencias necesarias para la acción. Con este principio se busca trabajar de manera integrada todas las competencias: de conocimiento, cognitivas, emocionales, comunicativas e integradoras.

Brindar múltiples oportunidades para la práctica de las competencias. Se deben propiciar múltiples oportunidades para ensayar y practicar las competencias.

Integrar la formación ciudadana de manera transversal en las áreas académicas. Es necesario crear espacios en cada una de las áreas del conocimiento para la formación ciudadana.

Involucrar a toda la comunidad educativa. Es necesario involucrar la mayor cantidad de personas posible en la formación ciudadana, entre más involucrados, mayor impacto se tendrá en la formación.

Evaluar el impacto. Para saber el alcance que se está obteniendo con la implementación de la propuesta, es necesario una evaluación rigurosa.

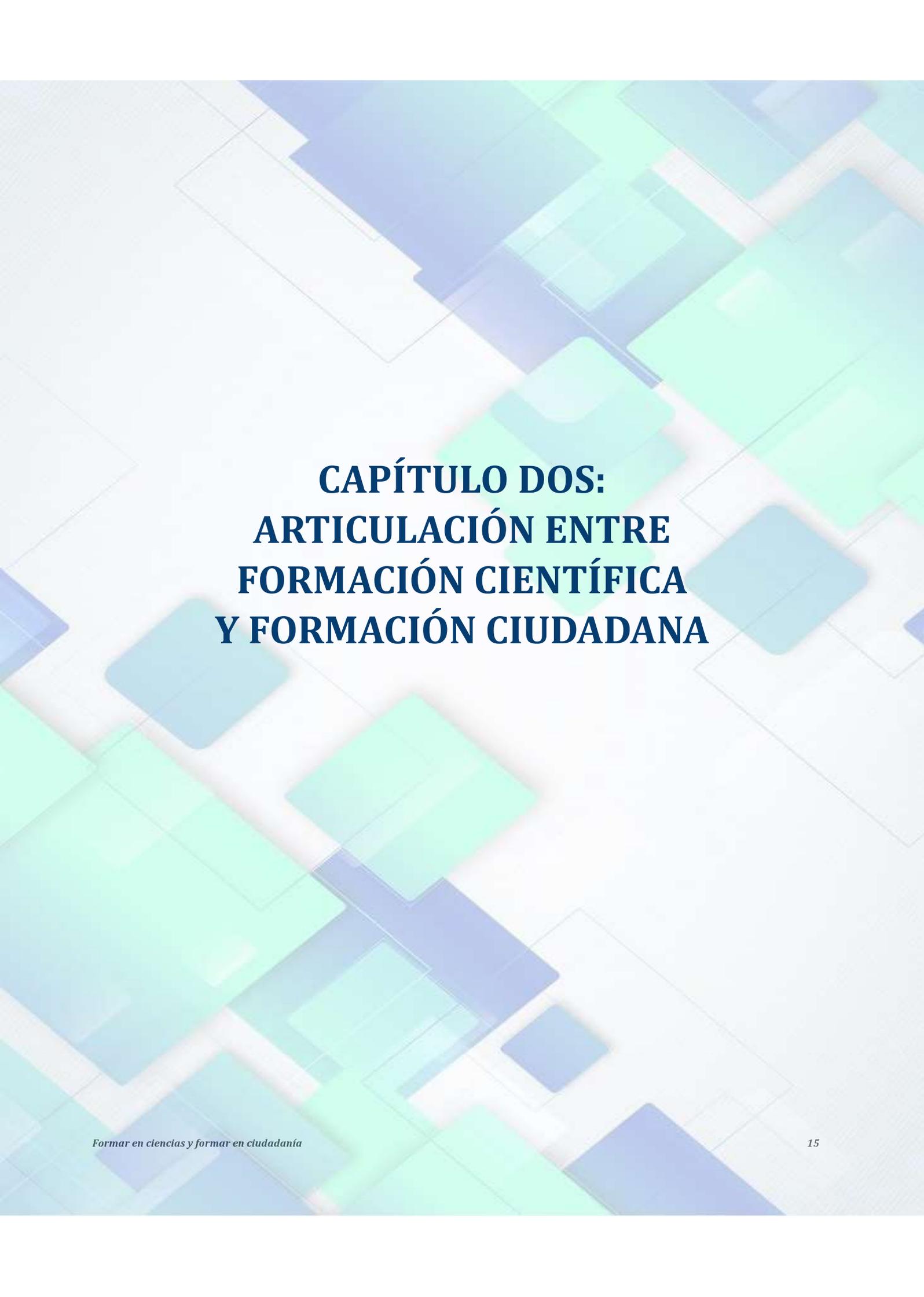
En el análisis de las propuestas que se plantean bajo estos principios, para el caso de las Ciencias Naturales, se expresa que: “La intención de esta propuesta es que las actividades se integren a los temas, prácticas habituales y competencias propias del área y no que se vean como tareas

complementarias o adicionales” (Daza y Rodríguez, 2004, p.96).

En términos generales, la propuesta de Chau (2004) ofrece ideas sobre cómo integrar la formación ciudadana con la formación en las áreas académicas tradicionales. No obstante, si bien lo planteado por este autor se constituye en un importante avance para abordar la relación objeto de análisis, en su propuesta se logra advertir una separación entre los contextos de formación ciudadana y los campos del saber disciplinar: en la mayoría de los casos, los

contenidos relacionados con las habilidades ciudadanas se presentan como actividades complementarias y de aplicación exclusivamente metodológica a los contenidos de las otras disciplinas.

Como alternativa, se expone a continuación una propuesta que pretende establecer una relación *de constitución* entre la formación científica y la formación ciudadana, es decir, una propuesta que busca explicitar el alcance formativo de la enseñanza de las ciencias, de modo que *aprender ciencia* implique *formar en ciudadanía*.



CAPÍTULO DOS: ARTICULACIÓN ENTRE FORMACIÓN CIENTÍFICA Y FORMACIÓN CIUDADANA

Para la reflexión:

- 1. ¿Cuál es el enfoque de formación ciudadana que asume el área de ciencias naturales?**
- 2. ¿Cuáles son las limitaciones y fortalezas del enfoque que se trabaja en el área? ¿Cómo se puede fortalecer?**

Perspectivas de ciudadanía: una aproximación a la civilidad

Para iniciar, es pertinente percatarse de que el concepto de *ciudadanía* es una construcción social que, como tal, ha sufrido transformaciones a lo largo de la historia, lo que implica la existencia de múltiples formas de significarlo.

Cortina (2003) señala que, cuando nos preguntamos por el tipo de ciudadano que queremos ser y formar, es necesario hablar de la *ética* de la ciudadanía, término que proviene de la palabra griega *ethos*, cuyo significado es *carácter*. Con esta alusión, la autora pone de manifiesto que, si bien para una sociedad las leyes y la legalidad son importantes, es aún más importante centrar la atención en forjar el carácter que se considera deseable para sus integrantes, sus organizaciones y su pueblo, propósito que focaliza el interés social en la ética de la ciudadanía.

Bajo estas consideraciones, ¿qué se puede entender por ciudadanía? En la

modernidad, ciudadanía se entiende como un status que garantiza a los individuos igualdad de derechos y deberes, de libertades y restricciones, de poderes y responsabilidades, situando este concepto como lugar central en la política democrática. De acuerdo con Cortina (2003), la noción de ciudadanía puede entenderse como una síntesis de justicia y pertenencia, planteando una doble condición para ser ciudadano: aquel individuo que se asume perteneciente a una comunidad y que, además, se preocupa porque esa comunidad sea justa.

Es importante reconocer que, en los orígenes de la tradición occidental, se identifican dos nociones en relación con la condición de *ciudadano*: una de origen latino y otra de origen griego. El ciudadano latino, según la noción del *civis*, es aquel que, esté donde esté, tiene que ser protegido por la ley; desde esta significación, el status de *ciudadanía* es otorgado por la ley y por la comunidad política que se compromete a proteger los derechos del ciudadano (las

libertades civiles y políticas, y el derecho a la participación). En la noción de origen griego, la del *polites* griego, la *ciudadanía política* es la de quien puede ir a participar en la plaza pública para tomar decisiones con sus conciudadanos; ser ciudadano es asumirse como un sujeto que toma postura y ejerce acciones deliberadas para favorecer sus formas de vida y de pensamiento.

Teniendo en cuenta las intenciones de esta propuesta, hemos optado por la unión de estas dos nociones de ciudadanía. Asumimos que *ciudadano* no solo es aquel a quien protege la ley, sino también aquel que participa en las cuestiones públicas. Un auténtico ciudadano es, entonces, aquel que tiene un carné que lo identifica legalmente, y que —simultánea y complementariamente— participa activamente en la toma de decisiones.

Así, en el propósito de plantear los fundamentos y lineamientos para la construcción de un país justo y equitativo, estamos de acuerdo con Cortina (2003) en resaltar el interés social de formar el carácter de sus ciudadanos en pro de lograr una participación activa y consiente de ellos en la sociedad. Es, justamente, en este sentido que la formación en ciencias puede aportar, en particular si se asume la ciencia como una práctica discursiva en la que la flexibilidad de pensamiento y la disposición para convencer y ser convencido se constituyen en una condición necesaria

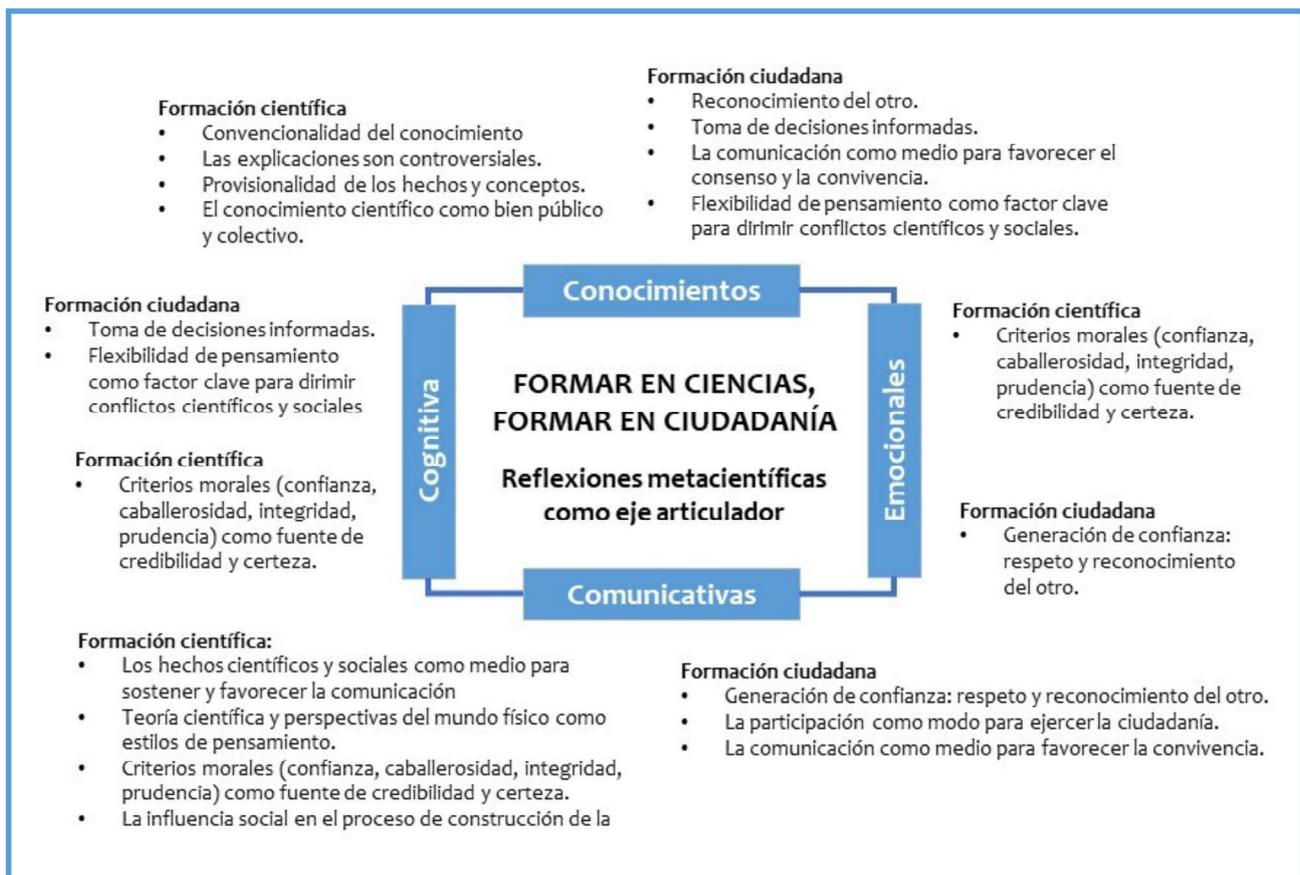
para el establecimiento de consensos.

Complementariamente a estas consideraciones, Elizalde y Donoso (1998) han resaltado que la cultura ciudadana se desarrolla por medio de tres ejes principales: la convivencia, la participación y la democracia. De una parte, la existencia humana se lleva a cabo inevitable e inexorablemente en un contexto de convivencia: el convivir, el vivir-con; y es precisamente la convivencia la causa (y consecuencia) de la autodeterminación y autorregulación del individuo. El concepto de participación, por su parte, es polisémico. Se refiere a sentirse parte de una comunidad, de una cultura y, en este sentido, está ligado a la condición humana de arraigo e identidad; pero también se refiere a hacer parte de, a conformar, a contribuir a dar forma a la cultura en la cual se está inmerso. Finalmente, la democracia implica la necesidad y la modestia de reconocer la pluralidad de pensamientos, opiniones, convicciones y visiones de mundo; implica reconocer que la verdad no es necesariamente la que yo propongo sino aquella que resulta del debate y la sana confrontación de las ideas.

En este contexto de significación, la *civilidad* no solo se entiende como la capacidad del individuo de relacionarse con el otro de manera respetuosa; convenimos con autores como Adorno (1980) y Balibar (2001) en la necesidad de considerarla también como una tarea política vinculada

a la práctica ciudadana. Es decir, como el ejercicio público de participación, debate y establecimiento de consensos entre congéneres. La civilidad, así considerada, se identifica con la generación de posibilidades de participación política de los individuos, participación a través de la cual se reducen las formas de violencia extrema que impiden el reconocimiento, la comunicación y la regulación de los conflictos entre los actores. Estas consideraciones nos permiten afirmar con Cortina (2003) que, en el orden político, el establecimiento de una sociedad democrática reclama necesariamente la formación de una ciudadanía

impregnada de virtudes cívicas, dispuesta a involucrarse y a trabajar en la vida pública, y en la que el significado de justicia sea compartido. En suma, se requiere la formación de sujetos que, contrariamente a asumirse como esclavos, siervos o súbditos, se consideren autónomos y protagonistas de su propia vida, que mantengan una actitud dialógica siempre dispuesta a esgrimir sus argumentos y escuchar los argumentos de otros, tanto en la esfera pública como en la privada, y que participen deliberativa y conscientemente en la toma de decisiones con sus conciudadanos.



Para la reflexión:

- 1. ¿Qué relación estable el área de ciencias naturales entre la formación científica y la formación ciudadana?**
- 2. ¿En qué aspectos de las ciencias se puede centrar el área para favorecer la relación planteada y qué estrategias se pueden implementar para su desarrollo?**
- 3. Según las condiciones de su contexto, ¿qué habilidades científicas y ciudadanas se pueden privilegiar en el área para establecer la relación entre estos dos campos de formación?**

Reflexiones metacientíficas como articuladoras de la formación en ciencias y la formación ciudadana

Dado nuestro propósito, resulta de gran interés examinar las posibles relaciones entre la formación en ciencias naturales y la formación *en* la civilidad y *para* la civilidad. Abordar esta cuestión implica una reflexión sobre el saber y la enseñanza, y sobre las relaciones que se establecen entre estos dos aspectos. En este sentido, según Romero et al. (2016), es necesario advertir que, dependiendo del modo como se comprende y se asume la ciencia, se establecen modos e intenciones particulares de enseñarla; de forma complementaria, es mediante la enseñanza que se hacen explícitas las formas particulares de significar la ciencia. Y, precisamente, es a partir de esta estrecha relación que se pone en evidencia un hecho fundamental: por medio de la actividad de enseñar la ciencia es posible

propiciar cambios en la forma de significarla.

Una aproximación a estos asuntos devela algunas situaciones problemáticas. Diferentes estudios señalan que aquellos enfoques de la enseñanza de las ciencias centrados exclusivamente en contenidos disciplinares, no logran superar un aprendizaje memorístico caracterizado por la transmisión y repetición de información (Fernández et al., 2002). Al convertir el aula en un espacio carente de diálogo e interlocución, dichos procesos de enseñanza limitan el aprendizaje y la comprensión de las explicaciones científicas, restringiendo la generación de ambientes y condiciones para una discusión (soportada en criterios de argumentación y razonabilidad) en la que puedan hacerse evidentes la diversidad de puntos de vista, los límites de las explicaciones científicas y sus relaciones con las dinámicas sociales y culturales

que las originaron.

Esta ausencia de escenarios dialógicos en la clase de ciencias puede surgir o, al menos, ser favorecida por un modo dogmático e intransigente de ver y significar la ciencia. Consideramos que este no es un asunto menor en la enseñanza de las ciencias, sobre todo si se pretende diseñar y poner en escena propuestas que articulen las habilidades científicas con las competencias ciudadanas. Al respecto, algunos autores señalan que, cuando se asume la ciencia como dogma ajeno a la realidad social, se excluyen las actitudes y valores pues lo que se debe aprender son sus productos (conceptos, leyes y teorías), prioridad que evidencia una apuesta clara en la transmisión de contenidos declarativos. Esto se traduce en una formación de ciudadanos intolerantes, autoritarios, inflexibles y conservadores, con resistencia al cambio para mantener intacta la ilusión de certeza (Moreira, 2005).

Como forma alternativa de abordar esta problemática, se presentan a continuación algunos planteamientos derivados de reflexiones de la historia, la epistemología y la sociología de las ciencias. Ellos caracterizan lo que podría llamarse una imagen socio-cultural de las ciencias y se constituyen en fundamentos de una propuesta que favorece la relación entre la formación científica y la formación ciudadana.

Los hechos científicos como construcción histórica y social

De forma alternativa al enfoque empiro-positivista, surgió en la primera mitad del siglo XX una concepción de ciencia que proclamaba la historicidad del conocimiento científico (Fleck, 1986). Según esta perspectiva, el conocimiento científico (en sus contenidos, metodologías y formas de comunicación) es dependiente de los procesos sociales acaecidos a lo largo de la historia. Según este autor, los sistemas de concepciones y los conocimientos especializados existentes en cada época son estructuras independientes dominadas por un *estilo de pensamiento*, concebido como la disposición para “un percibir dirigido con la correspondiente elaboración intelectual y objetiva de lo percibido” (p.145). Complementariamente, propone el concepto de *colectivo de pensamiento*, con el significado de la unidad social de la comunidad que comparte un estilo de pensamiento determinado y que da cuenta de su condicionalidad social. De esta manera, un estilo de pensamiento puede permear un colectivo de pensamiento de forma tal que puede llegar a constituirse en una forma de ver socialmente compartida. Así, desde esta perspectiva, los conceptos y los hechos científicos son el resultado del desarrollo histórico y de la coincidencia de líneas colectivas de pensamiento y, consecuentemente, no es posible legitimar ninguna

“existencia” de ellos sino gracias a procesos socio históricos.

Por su parte Toulmin (2003), adelantando un análisis crítico de la manera como desde la filosofía clásica de las ciencias se considera, la estructura, contenido y dinámica de las ciencias naturales, se pregunta hasta qué punto las construcciones teóricas, apoyadas en conceptos abstractos y argumentos formales, están formuladas independientemente de quien las propone y de a quién, dónde, cuándo y cómo se involucran y presentan. Como respuesta a estos interrogantes, él considera que sólo es posible comprender con claridad la jerarquía y relevancia de nuestros conceptos si se tienen en cuenta los procesos socio-históricos por los cuales se desarrollan dentro de la vida de una cultura o de una comunidad. En este sentido, “los hombres demuestran su racionalidad, no ordenando sus conceptos y creencias en rígidas estructuras formales, sino por su disposición a responder a situaciones nuevas con espíritu abierto, reconociendo los defectos de sus procedimientos anteriores y superándolos” (Toulmin, 1977, p.12). Es precisamente en este contexto significativo que adquiere relevancia el concepto de *razonabilidad* como la posibilidad de disponerse al cambio y de aceptar en forma crítica otros puntos de vista.

En consecuencia, desde una mirada socio-histórica del conocimiento, el énfasis de construcción del conocimiento se pone

en lo social. La elaboración del conocimiento no es un producto de un individuo en particular, sino una creación social que comparten los miembros de un determinado grupo, proporcionándoles ideas, pensamientos, creencias, imágenes y pautas de comportamiento sobre ese “mundo” construido y compartido.

Las explicaciones científicas como discursos de (y sobre) la realidad natural

Desde los inicios de la década de los ochenta se ha consolidado una perspectiva del estudio de la dinámica científica que pretende comprender las formas como ocurre la práctica científica misma, mediante la identificación y observación naturalista de sus contextos y episodios (Iglesias, 2004). Estimulada por algunos presupuestos del Programa Fuerte de la Sociología del Conocimiento Científico (SCC), de acuerdo con esta imagen no sólo la construcción del conocimiento científico tiene un carácter socio-cultural; es igualmente tributario de tal carácter lo que llamamos “realidad natural”. Dos aspectos adquieren especial relevancia en este enfoque. De una parte, los ámbitos que se denominan como *lo natural* y *lo social* se deben tratar en auténtica simetría y se debe propender por mostrar la dialéctica existente entre ellos (Shapin & Schaffer, 1985; Latour & Woolgar, 1995). Complementariamente, los denominados “elementos materiales” de las ciencias, es decir, el con-

junto de instrumentos, experimentos y técnicas diseñados y usados en los espacios de producción científica, se vuelven determinantes a la hora de comprender y analizar las formas como se ha asumido y practicado la actividad científica a lo largo de la historia (Hacking, 1996; Pickering, 1995).

Es en este sentido que Shapin (1991), a propósito de los análisis de las controversias sobre las experiencias con la máquina neumática de Boyle alrededor de los años 1660, considera al hecho científico como una categoría tanto epistemológica como sociológica. Esta categoría, tomada como fundamento de la filosofía experimental y de lo que vale de manera general como conocimiento fundado, es “un producto de la comunicación y de la forma social necesaria para sostener y favorecer tal comunicación” (p 4).

Latour (1991), por su parte, propone extender el principio de simetría del Programa Fuerte de la SCC. Según él, no solo se ha de renunciar a cualquier caracterización valorativa de los conocimientos científicos, y tratarlos en pie de igualdad con cualquier otra clase de creencias existentes en la sociedad; se debe admitir, igualmente, que tales conocimientos son, a la vez, sociales y naturales: no se debe admitir que hay, por un lado, objetos naturales y, por otro, objetos sociales, pues ellos son al mismo tiempo tanto naturales como sociales, es decir híbridos. El laboratorio se con-

vierte, desde esta perspectiva, en un espacio privilegiado para el análisis de la construcción de conocimientos científicos, en la medida que permite evidenciar cómo los científicos están constantemente abocados a convencer y ser convencidos de aceptar como hechos las explicaciones que construyen y, consecuentemente, que sus prácticas están inmersas en procesos discursivos de debate y argumentación (Latour & Woolgar, 1995).

La experimentación como escenario de construcción social de explicaciones

El carácter histórico y cultural (esto es, fabricado, construido) de la “realidad natural” hace adquirir un papel protagónico a los llamados “elementos materiales” de la actividad científica. Los instrumentos y procesos de medida no solo son, desde esta perspectiva, el nexo o canal de comunicación entre nuestros pensamientos y aquello que denominamos naturaleza, sino que se convierten en la condición de posibilidad de los efectos científicos y los fenómenos naturales. Los aportes de Pickering (1995) resultan, en este sentido, particularmente importantes. Según este autor, en la producción de cualquier resultado experimental entran en juego tres elementos estructurales: un procedimiento material, un modelo instrumental y un modelo fenoménico. Si bien la actividad experimental comienza de tal modo que no hay ninguna

relación aparente entre estos elementos, avanzando en el proceso se obtiene una coherencia entre ellos, una estabilización tal que “los procedimientos materiales [...] al ser interpretados a merced de un modelo instrumental, producen hechos dentro del marco de un modelo fenoménico” (citado por Ferreirós & Ordóñez, 2002: 68). Así, para Pickering, el análisis de los procesos interactivos de los elementos constituye propiamente la dinámica de la experimentación, dinámica que sucede gracias a que todos estos elementos resultan ser recursos eminentemente plásticos.

Varios autores han resaltado que examinar el rol de los instrumentos en la dinámica científica permite entender las formas como en la ciencia se da la relación teoría-experimento (Iglesias, 2004; Shapin & Schaffer, 1985; Latour & Woolgar, 1995). Este examen supone, a la vez, una reflexión sobre los sujetos que construyen y utilizan dichos instrumentos y la manera de hacerlo, lo que podría dar cuenta de los procesos intelectuales, históricos y sociales en los que se encuentran insertos. En este sentido, Latour y Woolgar (1995) proponen asumir los instrumentos como *instrumentos de inscripción*, es decir, instrumentos que transforman los objetos que se estudian en signos gráficos, que van adquiriendo una forma característica y susceptible de ser aceptada y comprendida por los sujetos que intervienen en su utilización, en la medida que se presentan como posibili-

dad de construcción de explicaciones y de información. Por tanto, estos instrumentos se constituyen en construcciones sociales que toman su forma en los procesos del lenguaje y de significación.

Los asuntos sociocientíficos como contexto propicio para abordar reflexiones acerca de la naturaleza de la ciencia

El rápido cambio de los procesos científicos y tecnológicos acaecidos en las últimas décadas, impone innegables retos y desafíos al ciudadano del siglo XXI: analizar críticamente el alcance e impacto de los desarrollos científicos en los contextos sociales; desentrañar los aspectos ideológicos, éticos y políticos de los debates que se tejen alrededor los desarrollos tecnocientíficos; y, en consecuencia, tomar decisiones bien informadas con criterio propio. En este marco de exigencias surge la necesidad de analizar y convertir en objeto de reflexión las complejas relaciones que se tejen entre la ciencia y la sociedad, a fin de explicitar, no solo el impacto que suponen estos desarrollos, sino también los valores e intereses implicados en ellos.

Ante estas exigencias, desde la década de los 70 se gestan profundos debates sobre algunas cuestiones sociales y científicas controvertibles, liderados por el movimiento de Ciencia-Tecnología-Sociedad; ejemplos de dichas cuestiones son aquellas relacionadas con la alimentación, la energía nuclear, la biotecnología, el calenta-

miento global, entre otros (Musiani, 2010). En el marco de estas discusiones se configuran los denominados *asuntos socio-científicos*, concebidos como cuestiones que involucran dilemas sociales cuyo abordaje y posible solución implican una importante relación con el contexto científico.

Al respecto, con Díaz-Moreno y Jiménez-Liso (2012), precisamos los asuntos socio-científicos como cuestiones cuyo fundamento y explicación involucran aspectos científicos y/o tecnológicos, para las cuales existe discrepancia de opiniones y dilemas éticos entre los diversos actores y fuerzas sociales que participan en el proceso (investigadores, científicos, opinión pública, administración, empresas privadas que financian los estudios); y es, justamente, en este contexto de significación que asumimos estos asuntos como producto de la comunicación o la controversia, dado que en su ocurrencia tiene lugar la relación dialógica: desacuerdos, discusiones o debates.

Según Hodson (2003), estos asuntos socio-científicos se constituyen en un contexto propicio para los propósitos formativos de la ciencia, dado que la educación en ciencias debe permitir la expresión de opiniones sobre cuestiones sociales y éticas de la actividad científica, lo que implica, en términos de este autor, una formación para la acción sociopolítica que posibilite la construcción social de condiciones deseables y favorables del ciudadano en su

contexto sociocultural.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, resulta apropiado decir que las narrativas científicas centradas en los asuntos socio-científicos permiten examinar aspectos de la ciencia y la ciudadanía desde un contexto de constitución: maneras de debatir, de argumentar, de toma de decisiones, modos de razonar, capacidad para cuestionar lo que se presenta contrastando datos y fuentes, identificación de aspectos ideológicos, éticos y políticos de la actividad científica.

Estas reflexiones metacientíficas ponen en evidencia que la ciencia —lejos de ser un conocimiento objetivo y neutral que se desarrolla por medio de estrictos protocolos inductivos (el llamado método científico)— es una actividad históricamente constituida, cuyo contenido y desarrollo está determinado por factores socioculturales y, consecuentemente, en estrecha relación con otras dimensiones de la cultura. En particular, es preciso percatarse de que los hechos científicos son construcciones socio históricas que obedecen a intereses y contextos particulares; que las explicaciones científicas son discursos de la realidad y sobre la realidad natural y que, en consecuencia, estas tienen sentido en cuanto cumplen la función para la cual fueron construidas y, por tanto, su validez debe evaluarse sólo en relación con sus finalidades.

Para la reflexión:

- 1. ¿Qué enfoque de la enseñanza de las ciencias considera el área, favorece la articulación entre aspectos (habilidades o modos de proceder) de la ciencia y de la ciudadanía?**
- 2. ¿Qué reflexiones o acuerdos puede establecer el área sobre lo que se asume por recontextualizar?**
- 3. ¿Qué características y/o procedimientos considera el área pueden ser comunes en la formación en ciencias y la formación ciudadana?**

Recontextualización de episodios científicos: una manera de ilustrar la relación entre la formación científica y la formación ciudadana

¿Cómo contribuir a que los profesores de ciencias en formación adquieran una mirada crítica sobre su saber disciplinar, que les posibilite construir perspectivas adecuadas sobre la ciencia y que, simultáneamente, favorezca la deliberación, el respeto por la diferencia y la participación democrática?

Como una forma alternativa de abordar este cuestionamiento, se esbozan a continuación los elementos estructurales de una propuesta de enseñanza de las ciencias, dirigida a la formación inicial y continuada de profesores, contextualizada con reflexiones metacientíficas.

La propuesta, inspirada en Romero et al. (2016), consiste en la selección de determinados episodios científicos y cues-

tiones de interés, problematizados a la luz de ciertos contextos o dimensiones de análisis. Los episodios y cuestiones se documentan por medio de narrativas, que pueden corresponder a tres clases de textos: i) Documentos científicos de primera fuente, es decir, textos realizados por los científicos mismos por medio de los cuales sus autores expresaron los desarrollos y logros alcanzados en el análisis de ciertos contenidos disciplinares de las ciencias y/o fenómenos naturales; tales textos, que usualmente ponen en evidencia también algunas reflexiones metacientíficas de interés, incluyen formatos como libros, artículos, cartas, comunicaciones, cuadernos de notas, etc. ii) Textos (científicos) de segunda fuente, que corresponden a textos a través de los cuales se adelantan comentarios, reorganizaciones, análisis o interpretaciones de documentos científicos de primera fuente y sus contenidos; por medio de este tipo de textos se hacen explícitas las deno-

minadas reflexiones meta científicas, es decir, reflexiones surgidas de la historia, la filosofía y la sociología de las ciencias. iii) Documentos que ponen en evidencia cuestiones socio-científicas, concebidas como cuestiones que involucran controversias y dilemas sociales cuyo abordaje y posible solución implica una importante relación con el contexto científico; estas cuestiones se constituyen en un escenario propicio para abordar reflexiones acerca de la naturaleza de la ciencia, mediante la generación de espacios para la argumentación y la elucidación de aspectos morales y afectivos en el aprendizaje de las ciencias. Para los propósitos de la propuesta, los Textos Científicos Históricos se constituyen en documentos particularmente relevantes para construir los episodios objeto de análisis, por tener una doble característica: en ellos, los científicos presentan los análisis y resultados de los tópicos particulares que abordaron, a la vez que discuten explícitamente los problemas y preguntas que los motivaron; los procesos —técnicos y conceptuales— llevados a cabo; las perspectivas teóricas adoptadas (y las dejadas de lado); así como las visiones de mundo y los compromisos epistemológicos que fundamentaron y orientaron sus análisis y consideraciones.

Para su implementación, en la propuesta se identificaron tres dimensiones o contextos de análisis: la formación científica, el contexto metacientífico y la forma-

ción ciudadana. En la dimensión de formación científica se destacan los contenidos científicos que presenta el episodio o cuestión seleccionada, analizando el rol formativo que puede atribuírsele en la enseñanza de las ciencias y la formación de profesores. El contexto metacientífico es aquel en el cual se examinan ciertas reflexiones históricas, epistemológicas o sociológicas de las ciencias que pueden identificarse en el texto científico o cuestión abordada; ejemplos de tales reflexiones son las descritas en el numeral anterior. En la dimensión de formación ciudadana, por su parte, se reflexiona sobre los diferentes ámbitos de la ciudadanía que pueden ser intencionalmente asignados a la narrativa científica, y a las reflexiones que suscitan respecto a las dimensiones precedentes, cuando se toma como fundamento para el diseño de una propuesta pedagógica que propende por una formación para el ejercicio de la democracia y el pluralismo.

La Tabla 1 describe algunos de los episodios históricos y narrativas científicas seleccionados, puestos en explícita relación con tópicos particulares de las tres dimensiones de análisis propuestas. Es importante aclarar dos aspectos para tener en cuenta. En primer lugar, es precisamente la dimensión metacientífica la que, consideramos, permite articular los contextos de la formación científica y la formación ciudadana. Como se ha mencionado, reflexiones metacientíficas como las discutidas

Tabla 1: Episodios históricos y sus contextos de análisis

Episodios históricos o Narrativas científicas	Formación científica	Reflexiones metacientíficas	Formación ciudadana
Galileo (1615). Carta del señor Galileo Galilei escrita a la señora Cristina de Lorena, Gran Duquesa de Toscana	Modelos cosmológicos ptolemaico y copernicano.	Influencia de factores sociales en el trabajo científico. Razonabilidad y flexibilidad intelectual en la dinámica científica.	Pluralidad en formas de ver y pensar. Reconocimiento y valoración de las diferencias.
Galileo (1632). Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano	Modelos cosmológicos ptolemaico y copernicano. Relatividad del movimiento.	Estilos y colectivos de pensamiento sobre el mundo físico. Carga teórica de la observación. Carácter dialógico de las explicaciones científicas.	Pluralidad en formas de ver y pensar. Comunicación como medio para favorecer la convivencia.
Foucault (1851). Demostración física del movimiento de rotación de la Tierra por medio del péndulo.	Reproducción y análisis de experiencias físicas con el péndulo de Foucault. Movimiento de rotación terrestre.	Experimentación como escenario de construcción social de explicaciones. Relaciones entre teoría y experimento.	Debate y confrontación de pensamientos.
Darwin (1859). Teoría sobre Origen de las especies. Lamarck (1809). Philosophie Zoologique	Principios que fundamentan las perspectivas teóricas sobre los mecanismos de la evolución.	Carácter controversial y cuestionable de las explicaciones científicas. Convencionalidad del modo de hablar de la naturaleza.	Flexibilidad de pensamiento como factor clave para dirimir conflictos científicos y sociales.
Los alimentos transgénicos como asunto socio científico	Transferencia de información genética.	Carácter controversial y cuestionable de las explicaciones científicas. Influencia de factores sociales en el trabajo científico.	Toma de decisiones informadas. Flexibilidad de pensamiento como factor clave para dirimir conflictos científicos y sociales.

Diseño propio

previamente (ver el apartado *Reflexiones metacientíficas como articuladoras de la formación en ciencias y la formación ciudadana* en el Capítulo 2) posibilitan la configuración de una perspectiva socio cultural

del conocimiento científico, perspectiva que, al centrar la atención en los procesos discursivos y dialógicos propios de la construcción y validación del conocimiento científico, permite visibilizar la pluralidad

y el cambio constante en las preguntas, explicaciones, procedimientos y cánones de cientificidad, al tiempo que posibilita develar la incertidumbre y el carácter inacabado del conocimiento (Romero, 2013), aspectos estos que están en estrecha relación con los propósitos de una formación en y para la pluralidad y la democracia.

Complementariamente, la dimensión de formación ciudadana no está explícitamente presente en el contenido de los episodios y narrativas mencionados, pues es una dimensión que depende, fundamentalmente, de la intención formativa que el

profesor le asigna cuando re-contextualiza estos episodios en el marco de una propuesta pedagógica en la clase de ciencias.

Este encuentro de intercambio de conocimientos se convierte en un espacio potente para resignificar acciones que apunten a una reflexión que vaya más allá del trabajo de campo, propiciando actitudes y comportamientos basados en el respeto, el reconocimiento del otro, la participación, la toma de decisiones bien informadas y la adecuada comunicación de pensamientos, siempre en búsqueda del establecimiento de consensos y del bien común.



CAPÍTULO TRES: CONSIDERACIONES Y PROPUESTAS DIDÁCTICAS

Para la reflexión:

- 1. ¿Cuál concepción de ciencia, consideran los maestros del área, es la más adecuada para favorecer una relación entre la formación científica y la formación ciudadana?**
- 2. ¿Qué aspectos de la construcción del conocimiento científico pueden problematizarse para evidenciar relaciones entre la actividad científica y las dinámicas sociales?**
- 3. ¿Cuáles consideran pueden ser los ambientes de aprendizaje propicios para establecer una relación entre la formación científica y la formación ciudadana?**

Lineamientos teóricometodológicos para diseñar e implementar actividades didácticas acerca de la relación formación científica formación ciudadana

Abordar satisfactoriamente la compleja labor de los profesores de ciencias naturales, en su rol de sujetos culturales que contribuyen a la formación integral de niños, adolescentes y jóvenes, implica el reconocimiento de lo que podemos considerar simultáneamente como el propósito y el reto de la educación en ciencias: posibilitar la apropiación crítica de las disciplinas científicas y, al mismo tiempo, propiciar una formación ciudadana de los estudiantes.

Aludir a esta problematización conlleva una significación de las ciencias y de su enseñanza como acontecimientos socioculturales complejos y exige, en concordancia, la configuración de propuestas didácticas que pongan límite al predominio de prácticas de enseñanza ancladas en la

transmisión acrítica de “verdades” objetivas, y que contengan, además, el auge de tendencias educativas que, con el discurso de la competitividad y la homogenización, marcan un círculo de retorno a esas prácticas transmisionistas. Asumir estos propósitos y retos implica, entonces, tomar distancia de aquellas prácticas pedagógicas que privilegian una perspectiva ahistórica y dogmática de las ciencias y, en cambio, transitar hacia una enseñanza que potencie la apropiación y el uso crítico del saber científico, y que fomente el aprender a argumentar y a actuar de forma razonable. En síntesis, avanzar hacia una enseñanza que posibilite la construcción de espacios para una formación científica en y para la civilidad. Asunto pedagógico que implica, necesariamente, la problematización del saber y una reflexión sobre las ciencias.

En concordancia con estos planteamientos, esta propuesta se fundamenta bajo los lineamientos teóricos de una imagen sociocultural de las ciencias. Imagen según la cual el conocimiento científico,

como cualquier otro tipo de conocimiento, es una creación social por excelencia (Fleck, 1986); así, desde esta perspectiva, el énfasis para la construcción del conocimiento se enfoca en lo social; la elaboración del conocimiento no es producto exclusivo ni excepcional de un individuo en particular, sino una creación social que comparten los miembros de un determinado grupo; es producto de la interacción y la colaboración que proporciona diferentes ideas, pensamientos, creencias, imágenes y pautas de comportamiento sobre ese “mundo” construido y compartido. Complementariamente, desde esta perspectiva, la actividad científica se desarrolla, cobra significado y se valida, precisamente, en prácticas dialógicas y discursivas, puestas en juego por los individuos mediante el uso de criterios de razonabilidad y procesos de argumentación (Toulmin, 2003). Así, alejándose de la pretensión de buscar y transmitir “verdades” ahistóricas y acontextuales, la razonabilidad se configura como la posibilidad de disponerse al cambio y de aceptar en forma crítica otros puntos de vista; de justificar y debatir alternativas, permitiendo entender el carácter cultural, plural y cambiante de las disciplinas científicas.

Es esta imagen sociocultural de las ciencias la que, a juicio de los autores, favorece una articulación entre la formación científica y la formación ciudadana. Aprender ciencias es un proceso de apropiación de discursos en el que la argumentación y la flexibilidad de pensamiento (disposición a convencer y ser convencido) se constitu-

yen en factores clave para la construcción de explicaciones en el aula. En consecuencia, el énfasis estará en invitar al individuo a asumir posturas críticas que posibilitan desentrañar los aspectos políticos, éticos y sociales de la actividad científica y del ejercicio ciudadano en las interacciones sociales.

En este orden de consideraciones, en esta propuesta se asume como lineamiento teórico una enseñanza de las ciencias que cuestione lo que aparece como evidente, estable y “verdadero”; que considere el carácter socio-cultural de la dinámica científica y de su enseñanza; indague las relaciones entre el saber y el poder inherentes a la construcción de conocimientos; explicita los vínculos de las ciencias con los ámbitos político, económico y ético; reconozca el carácter no neutral del trabajo científico como actividad cultural y, por lo tanto, de modo deliberado, afronte el carácter sociopolítico de la educación en ciencias y la necesidad de tomar postura frente a la formación a la que es deseable contribuir.

A partir de estas bases teóricas, se han seleccionado unos contenidos y se han diseñado diferentes actividades de aprendizaje con unas secuencias didácticas, que han sido cuidadosamente estructuradas, en virtud de considerar que el modo de llevar al aula el conocimiento científico posibilita su articulación con aspectos de la formación ciudadana; es decir, que la manera de llevar al aula esta perspectiva posibilita o no la articulación entre la formación en ciencia y la formación ciudadana.

Igualmente, para la puesta en escena, se han creado unos imaginarios propicios para la reflexión y la argumentación en el aula. Al respecto, se han considerado los talleres investigativos, los debates, las controversias y los grupos de discusión como estrategias que posibilitan explicitar y documentar las habilidades que se constituyen en los indicadores adecuados para establecer dicha relación.

Maneras de relacionar la formación en ciencias articulada a la formación ciudadana: casos que ilustran la relación

En este apartado se presentan algunas secuencias didácticas, producto de proyectos de investigación asociados a Trabajos de Investigación (Tesis) y Trabajos de Grado, realizados en la Maestría en Educación en Ciencias Naturales, y en la Licenciatura en Educación Básica, énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia). En estas experiencias se han seleccionado tres casos: uno, relativo a las visiones del mundo ptolemaica y coperni-

cana; otro, relacionado con las perspectivas teóricas sobre la evolución; y, finalmente, uno referido a la controversia vigente sobre los alimentos transgénicos. Estos casos se constituyen en el pretexto para abordar, en las clases de ciencias, cuestiones que, a juicio de los autores, permiten explicitar una relación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana por medio del uso de narrativas científicas que explicitan algunas reflexiones metacientíficas.

Si bien las secuencias didácticas se dirigen a estudiantes del último grado de la educación básica secundaria, y a la educación media, según lo establecido por las Normas Técnicas Curriculares (Derechos Básicos de Aprendizaje), el alcance de esta propuesta permite que se aborden también en contextos de formación inicial y continuada de profesores de ciencias naturales. En estas se incluyen talleres, debates, controversias y grupos de discusión como estrategias que posibilitan la relación entre la formación científica y la formación ciudadana.

Explicaciones científicas como discursos de (y sobre) la realidad natural. Una forma de favorecer la convivencia a partir de las diferencias

Las actividades que se presentan a continuación son retomadas del trabajo de campo realizado en el marco del Trabajo de Investigación (Tesis) titulado *La controversia entre las visiones de mundo ptolemaica y galileana: una manera de articular la formación en ciencias y la formación ciudadana por medio de reflexiones metacientíficas*, y han sido adaptadas por los autores del presente texto para efecto de ejemplificar la propuesta discutida.

Las actividades están dirigidas a profesores, en formación inicial y en ejercicio, del área de ciencias naturales; no obstante, pueden igualmente implementarse en la educación media (grados décimo y undécimo). El propósito general de las actividades es vincular algunas reflexiones metacientíficas en los procesos de enseñanza de las ciencias, como una manera de articular la formación en ciencias y la formación ciudadana, a la luz del uso de controversias históricas. Para su desarrollo, se retoma la controversia protagonizada por Galileo Galilei y la Iglesia Católica en el siglo XVII, a propósito de la perspectiva heliocéntrica y del movimiento de rotación de la Tierra, asumiendo como narrativas algunos fragmentos de textos científicos históricos escritos por Galileo.

En su implementación, se privilegian como estrategias pedagógicas los talleres

investigativos, los grupos de discusión y los debates; estas estrategias son particularmente adecuadas para el propósito planteado, en la medida que, a través de ellas, se ponen en acción habilidades relacionadas con el reconocimiento del otro, el respeto por las diferentes posturas planteadas, la capacidad de discernimiento al momento de tomar decisiones, y el uso de la argumentación y otras prácticas discursivas basadas en la razonabilidad. Adicionalmente, se presenta una rúbrica que permite evaluar la evolución de los discursos de los participantes, alrededor de la relación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana, durante la implementación de las actividades.

Estructuración de las actividades

Título: Explicaciones científicas como discursos de (y sobre) la realidad natural. Una forma de favorecer la convivencia a partir de las diferencias.

Área: Ciencias Naturales.

Grado escolar: Formación inicial y continuada de profesores; nivel medio, grados décimo y undécimo.

Número de sesiones: cinco sesiones con un tiempo estimado de dos horas cada una.

Derechos Básicos de Aprendizaje (evidencias de aprendizaje):

Reconoce los argumentos que le permiten asumir y cambiar de postura cuando debate con sus compañeros.

Competencias ciudadanas:

Aportar a la construcción de la convi-

vencia y la paz. Desarrollar capacidades en los estudiantes para resolver sus diferencias mediante el diálogo y sin acudir a la violencia.

Promover la pluralidad, identidad y valoración de las diferencias humanas. Desarrollar capacidad para respetar a quienes son diferentes, reconocerlos como sujetos con los mismos derechos y deberes e interesarse auténticamente por la perspectiva desde la cual el otro u otra observa la realidad y así hacerse a modelos cada vez más complejos de nuestra sociedad.

Actividad 1. Carácter controversial de las explicaciones científicas: una forma de favorecer la flexibilidad intelectual

El tiempo estimado para esta actividad es de 120 minutos. La intencionalidad es identificar las visiones de mundo ptolemaica y copernicana como componentes de una controversia científica y, a partir de ello, reconocer que la solución de un conflicto —científico y social— está permeada por un escenario dialógico en el que prima la flexibilidad intelectual. La actividad consta de tres momentos: el primero consiste en una contextualización de la controversia, orientada por medio de un texto redactado para tal fin; en segunda instancia, se realiza un taller consistente en la lectura de un fragmento de un texto científico histórico de Galileo (1615) y su correspondiente análisis se orienta con algunas preguntas para responder de manera individual y por grupos de discusión; finalmen-

te, se adelanta una plenaria de socialización de las respuestas de las preguntas abordadas.

Primer momento. Contextualización (30 minutos)

El profesor y los estudiantes realizarán una lectura comentada del siguiente texto introductorio. Se sugiere adelantar la lectura en voz alta y por fragmentos, haciendo comentarios intermedios para asegurar la comprensión del contexto. Algunas preguntas pueden orientar los comentarios realizados. Por ejemplo: ¿Conoce alguna otra controversia en la ciencia? ¿Se ha visto involucrado en una controversia? ¿Cómo procedió para tramitarla o resolverla?

Se entiende por controversia la oposición entre dos perspectivas o puntos de vista frente a una misma situación o evento. En la medida que existen diversas maneras de concebir y abordar las situaciones que se nos presentan, así como múltiples formas de expresar los sentimientos y pensamientos, las controversias y los conflictos han estado y están presentes en todas las interacciones sociales de la actividad humana. Ahora bien, la actividad científica no es ajena a este escenario: a lo largo de la historia han existido conflictos que permiten comprender que, contrario a lo que usualmente se piensa, la dinámica científica se ha desarrollado a través de debates y controversias entre diversas perspectivas o *visiones de mundo*, que a su vez están permeadas por intereses de muy diversa índole (epistemológicos, ideológicos, sociales). Este reconocimiento favorece la construcción de una mirada humanista y social de la ciencia, en el sentido que permite explicitar las formas en la que los científicos resuelven sus diferencias y el rol que desempeñan los

procesos argumentativos al interior de la comunidad científica (Acevedo, García y Aragón, 2016).

Galileo Galilei (1564- 1642) se vio involucrado en un conflicto científico con la doctrina eclesiástica por promulgar la perspectiva heliocéntrica como una manera alternativa de ver y percibir el mundo (Stengers, 1989). En este conflicto, cada una de las partes (la Iglesia Católica y Galileo) intentan por diferentes medios convencer a la contraparte de ceder frente a los argumentos expuestos. Después de que el cardenal Belarmino (1542-1621) le anunciara a Galileo la prohibición de promulgar abierta y públicamente la teoría copernicana, y como una alternativa para convencer a sus oponentes y movilizar consensos alrededor de su punto de vista, Galileo ideó varias estrategias fundamentado en sus observaciones astronómicas y demostraciones matemáticas. Como parte de estas estrategias, Galileo publicó en 1615 una carta dirigida a la Señora Cristina de Lorena (1543- 1636), gran Duquesa de Toscana, (*Carta en adelante*) donde presenta algunos argumentos en defensa del sistema copernicano, a la vez que muestra su desacuerdo por las acusaciones y el desprestigio al que ha sido sometido por parte de algunos seguidores de la doctrina eclesiástica. En dicha carta, Galileo reclama que no se le juzgue por sus observaciones y demostraciones dado que en ningún momento sus afirmaciones demeritan o ponen en tela de juicio los postulados de las sagradas escrituras, e invita a sus oponentes a reconocer que sus observaciones y demostraciones son diferentes de las teorías que expresa el libro sagrado. Asimismo, en este texto Galileo manifiesta que existen dos perspectivas sobre el mundo diferentes, cada una de ellas fundamentada en distintas fuentes de conocimiento y, por lo tanto, no susceptibles de comparación: por una parte, el conocimiento religioso, soportado en creencias y revelaciones, y expresado por las Sagradas Escrituras; por otra parte, el conoci-

to del mundo natural, soportado en hechos y observaciones, y expresado a través de ciertas demostraciones.

Segundo momento. Controversia entre las visones ptolemaica y copernicana (120 minutos)

Realice una lectura detallada del siguiente fragmento de la *Carta*, y responda las preguntas enunciadas.

Carta del señor Galileo Galilei escrita a la señora Cristina de Lorena, Gran Duquesa de Toscana (Fragmento)

A la Serenísima Señora la Gran Duquesa Madre:

Hace pocos años, como bien sabe vuestra serena alteza, descubrí en los cielos muchas cosas no vistas antes de nuestra época. La novedad de tales cosas, así como ciertas consecuencias que se seguían de ellas, en contradicción con las nociones físicas comúnmente sostenidas por filósofos académicos, lanzaron contra mí a no pocos profesores, como si yo hubiera puesto estas cosas en el cielo con mis propias manos para turbar la naturaleza y trastornar las ciencias. [...] Al mostrar mayor afición por sus propias opiniones que por la verdad, pretendieron negar y desaprobar las nuevas cosas que, si se hubieran dedicado a considerarlas con atención, habrían debido pronunciarse por su existencia. A tal fin lanzaron varios cargos y publicaron algunos escritos llenos de argumentos vanos, y cometieron el grave error de salpicarlos con pasajes tomados de las Sagradas Escrituras, que no habían entendido correctamente y que no corresponden a las cuestiones abordadas. [...]

Pero sucedió que el tiempo ha revelado progresivamente a todos la verdad de lo por mí sentado. Quienes están al tanto de la ciencia astronómica y de la ciencia natural quedaron persuadidos de la exactitud de mi primera posición. Y quienes se negaban a reconocer la verdad de lo que yo afirmaba sólo por causa de su

inesperada novedad, o porque carecían de una experiencia directa de ella, se plegaron poco a poco a mi punto de vista. Pero los hay quienes, amén de su apego a su primer error, manifiestan hallarse indispuestos, no tanto para con las cuestiones que expongo, cuanto para con su autor; y como ya no tienen la posibilidad de negar una verdad por hoy bien probada, la ocultan con obstinado silencio; y todavía más irritados que antes por mis afirmaciones que los otros aceptan ahora sin inquietud, intentan combatirlas de diversas maneras. [...]

Esos adversarios tratan de desprestigiar-me por todos los medios posibles. Saben que mis estudios de astronomía y de filosofía me han llevado a afirmar, con relación a la constitución del mundo que el Sol, sin cambiar de lugar, permanece situado en el centro de la revolución de las órbitas celestes, y que la Tierra gira sobre sí misma y se desplaza en torno del Sol. Advierten además que una posición semejante no sólo destruye los argumentos de Ptolomeo y de Aristóteles, sino que trae consigo consecuencias que permiten comprender, ya sea numerosos efectos naturales que de otro modo no se sabría cómo explicar, ya ciertos descubrimientos astronómicos recientes, los que contradicen radicalmente el sistema de Ptolomeo y confirman a maravilla el de Copérnico. Cayendo en la cuenta de que si me combaten tan sólo en el terreno filosófico les resultará dificultoso confundirme, se han lanzado a escudar su razonamiento erróneo tras la cobertura de una religión fingida y la autoridad de las Sagradas Escrituras, aplicándolas, con escasa inteligencia, a la refutación de argumentos que no han comprendido [...]

El motivo, pues, que ellos aducen para condenar la teoría de la movilidad de la Tierra y la estabilidad del Sol es el siguiente: que leyéndose en muchos párrafos de las Sagradas Escrituras que el Sol se mueve y la Tierra se encuentra inmóvil, y no pudiendo ellas jamás mentir o errar, de ahí se deduce que es erró-

nea y condenable la afirmación de quien pretenda postular que el Sol sea inmóvil y la Tierra se mueva.

Contra dicha opinión quisiera yo objetar que es y ha sido santísimamente dicho, y establecido con toda prudencia, que en ningún caso las Sagradas Escrituras pueden estar equivocadas, siempre que sean bien interpretadas; no creo que nadie pueda negar que muchas veces el puro significado de las palabras se halla oculto y es muy diferente de su sonido. Por consiguiente, no es de extrañar que alguno al interpretarlas, quedándose dentro de los estrechos límites de la pura interpretación literal, pudiera equivocándose, hacer aparecer en las Escrituras no sólo contradicciones y postulados sin relación alguna con los mencionados, sino también herejías y blasfemias. [...]

Considero que la autoridad de los Textos Sagrados tiene por objeto, principalmente, el de persuadir a los hombres acerca de proposiciones que, por sobrepasar todo discurso humano, su credibilidad no puede obtenerse por ninguna otra ciencia, ni por medio distinto, sino por la boca del Espíritu Santo. Además, dentro de las proposiciones que no son de Fe, debe preferirse la autoridad de esos mismos Textos Sagrados a la autoridad de textos humanos cualesquiera, que no estén escritos con método demostrativo, sino o bien como pura narración, o bien sobre la base de razones probables. [...] No puedo creer que Dios nos haya dotado de sentidos, palabra e intelecto, y haya querido, despreciando la posible utilización de éstos, darnos por otro medio las informaciones que por aquéllos podamos adquirir, de tal modo que aun en aquellas conclusiones naturales que nos vienen dadas o por la experiencia o por las oportunas demostraciones, debemos negar su significado y razón; no creo que sea necesario aceptarlas como dogma de fe, y máxime en aquellas ciencias sobre las cuales en las Escrituras tan sólo se pueden leer algunos aspectos, y aun entre sí opuestos. La astronomía constituye una de estas ciencias, de la cual sólo son

tratados algunos aspectos [...]

Ahora bien, si los sagrados profetas hubiesen tenido la pretensión de comunicar al pueblo la situación y movimiento de los cuerpos celestes y, por consiguiente, tuviéramos nosotros que sacar de las Sagradas Escrituras tal información, no habrían, en mi opinión, tratado el tema tan poco, que es casi nada si lo comparamos con los infinitos y admirables resultados que dicha ciencia contiene y demuestra. [...]

De allí resulta, por consecuencia necesaria, que el Espíritu Santo, que no ha querido enseñarnos si el cielo se mueve o si permanece inmóvil, si su forma es la de una esfera, de un disco o de un plano, no habrá podido tampoco tener la intención de tratar otras conclusiones que con estas cuestiones se ligan, tales como la determinación del movimiento y del reposo de la Tierra o del Sol. Y si el Espíritu Santo no ha querido enseñarnos esas cosas, porque ellas no concernían al objetivo que Él se propone, a saber, nuestra salud [del alma], ¿cómo podría afirmarse entonces que de dos afirmaciones sobre esta materia una es de Fe y la otra errónea? ¿Podría sostenerse que el Espíritu Santo no ha querido enseñarnos algo concerniente a la salud [de las almas]? ¿Podría tratarse de una opinión herética, cuando para nada se relaciona con la salud de las almas? Repetiré aquí lo que he oído a un eclesiástico que se encuentra en un grado muy elevado de la jerarquía, a saber, que la intención del Espíritu Santo es enseñarnos cómo se va al cielo, y no cómo va el cielo. [...]

Tomado de Galileo (1615)

Trabajo de Investigación (Tesis) realizado por la estudiante Natalia Muñoz Candamil; de la Maestría en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia.

Luego de la lectura del fragmento anterior, se solicita a los estudiantes organizarse en grupos de cuatro personas para

discutir y responder las siguientes preguntas. Se sugiere explicitar que cada grupo de discusión debe construir, en lo posible, una postura colectiva sobre las preguntas planteadas y plasmar por escrito las respuestas. Asimismo, se solita a cada grupo construir un párrafo en el que se describan los aspectos que tuvieron en cuenta para establecer el consenso alcanzado (argumentos y contraargumentos, flexibilidad y cambios de postura, respeto por la postura del otro).

¿Cuáles argumentos pondría usted en escena para contradecir o defender los argumentos presentados por Galileo?

¿Considera Usted que los argumentos presentados por Galileo contribuyen al reconocimiento de sus oponentes? ¿De qué manera?

¿Cuáles son los argumentos que utiliza Galileo para justificar que lo que dicen las Sagradas Escrituras no entra en conflicto con sus observaciones y demostraciones?

Las consideraciones y circunstancias expuestas en la carta se evidencian también en las dinámicas sociales. ¿Qué argumentos y estrategias pondría Usted en práctica para dirimir o conciliar un conflicto como en el que estuvo involucrado Galileo?

Tercer momento.

Plenaria de la discusión (30 minutos)

Cada grupo representará los diferen-

tes puntos de vista y las respuestas a las preguntas construidas colectivamente. Así mismo, se leerán los textos en los que cada grupo describió los aspectos que tuvieron en cuenta para alcanzar tales consensos.

Actividad 2. El carácter discursivo de la experimentación: una forma de pluralismo y transformación social

El tiempo estimado para el desarrollo de esta actividad es de 120 minutos. El propósito general es reconocer la experimentación como un escenario favorable para la construcción social de explicaciones, mediada por el uso de la argumentación y el reconocimiento de las diferencias. La actividad consta de tres momentos: inicialmente se realiza una contextualización de la temática a bordar, orientada por medio de un texto redactado para tal fin; en el segundo momento se realiza un taller, consistente en la lectura de un fragmento de un texto científico histórico de Galileo (1632) y su correspondiente análisis, orientado por medio de algunas preguntas de se abordan tanto de forma individual como en grupos de discusión; finalmente, se adelanta una plenaria de socialización de las respuestas de las preguntas discutidas.

Primer momento. Contextualización (30 minutos)

Los estudiantes realizarán una lectura del siguiente texto introductorio. Se sugiere adelantar la lectura en voz alta y por fragmentos; el profesor hará comentarios intermedios para asegurar la comprensión del contexto. Algunas preguntas como las

siguientes pueden orientar los comentarios realizados: Si le pidieran enunciar argumentos a favor del movimiento de la Tierra, ¿cuáles propondría? ¿Qué evidencias, respaldos y estrategias comunicativas presentaría para apoyar tales argumentos?

Además de la *Carta* discutida en la actividad anterior, Galileo crea otra estrategia discursiva, mediada por la escritura en forma de diálogo, a través de su obra “Diálogos entre los grandes sistemas del mundo: Ptolemaico y Copernicano” (*Diálogos* en adelante), y la publica en 1632. En este texto Galileo expone ciertas experiencias físicas relacionadas con el movimiento de la Tierra alrededor de su eje, presentándolas de manera intencionada con el ánimo de convencer a sus contradictores. Dichas experiencias son presentadas por medio de un escenario dialógico protagonizado por tres personajes: Salviati, Sagredo y Simplicio. Cada uno de estos personajes admitía en su discurso respaldar alguna de las dos teorías que estaban en disputa: Salviati, quien representa la defensa de las ideas copernicanas y se muestra como portavoz de Galileo; Simplicio, quien evoca la autoridad de un filósofo aristotélico defensor de la teoría ptolemaica; y Sagredo, quien representa la parte mediadora del diálogo, al escuchar los argumentos de ambas partes y procurar la conciliación.

En los *Diálogos*, los tres personajes (Simplicio, Sagredo y Salviati) se reúnen durante cuatro jornadas para discutir y validar las ideas de los sistemas cosmológicos, el aristotélico-ptolemaico y el copernicano, que para la época se consideraban sistemas rivales. A lo largo de la discusión Salviati (portavoz de Galileo), utilizando los principios fundamentales de la nueva física que Galileo ha venido construyendo (el principio de relatividad del movimiento y el principio de composición de movimientos), refuta uno tras otro los argumentos que Simplicio (portavoz de Aristóteles) venía postulan-

do en contra del movimiento de la Tierra (Romo, 2005).

Segundo momento. Experiencias físicas propuestas por Galileo a favor del movimiento de la Tierra (120 minutos)

Realice una lectura detallada del siguiente fragmento de los *Diálogos*, y responda las preguntas enunciadas.

Diálogos sobre los dos máximos sistemas del mundo Ptolemaico y Copernic (Fragmento)

SALV: Los argumentos que se presentan en este tema son de dos clases: unos tienen que ver con los accidentes terrestres, sin relación alguna con las estrellas, y otros se sacan de las apariencias y observaciones de las cosas celestes. Los argumentos de Aristóteles en su mayoría están sacados de las cosas que están en nuestro entorno, y deja los otros a los astrónomos. Por ello estaría bien, si os parece, examinar los que están tomados de las experiencias de la Tierra, y después veremos los de la otra clase. Y puesto que Ptolomeo, Tycho y otros astrónomos y filósofos, además de los argumentos que han tomado de Aristóteles, confirmándolos y fortaleciéndolos, han presentado otros, se podrían unir para no tener que dar las mismas respuestas o similares dos veces. Por ello, Sr. Simplicio, si queréis exponerlos vos, o preferís que yo os libere de esta molestia, estoy dispuesto a complaceros.

SIMPL: Será mejor que los expongáis vos que, por haberlos estudiado más, los tendréis más presentes y en mayor número.

[Salviati empieza a describir experiencias que sustentarían, según Aristóteles, el reposo de la Tierra, entre las que se encuentran: los cuerpos (graves) que al caer se desplazan siguiendo una línea recta y perpendicular a la superficie de la Tierra; una bola de plomo que cae desde la cima del mástil de una nave en re-

poso; un proyectil lanzado hacia lo alto a una distancia enorme, como sería el caso de una bala lanzada por un cañón levantado perpendicularmente sobre el horizonte.]

SALV: [...] Por ello podemos pasar al cuarto argumento, en el que deberemos detenernos bastante porque se fundamenta en la experiencia que da fuerza a casi todos los argumentos que quedan. [...] Ahora bien, para empezar a desenredar estos nudos, pregunto al Sr. Simplicio que, si alguien negase a Ptolomeo y a Aristóteles que los graves al caer libremente desde lo alto vienen por una línea recta y perpendicular, esto es directa hacia el centro, ¿con qué medio lo probaría?

SIMPL: Por medio de los sentidos, que nos aseguran que la torre es recta y perpendicular y nos muestra que la piedra al caer la va rozando, sin torcerse lo más mínimo hacia una u otra parte, y percute al pie, justo bajo el lugar desde donde fue lanzada.

SALV: Pero en el caso de que el globo terrestre girase y, consecuentemente, llevase consigo también la torre, y de que, de todos modos, se viese que la piedra al caer va rozando el filo de la torre, ¿cuál debería ser su movimiento?

SIMPL: En este caso habría que decir más bien “sus movimientos”, porque uno sería aquel con el que vendría desde lo alto abajo y tendría que tener otro para seguir la carrera de la torre.

SALV: Por tanto, su movimiento sería un compuesto de dos, esto es de aquel con el que la piedra mide la torre y otro con el que la sigue. De este compuesto resultaría que la piedra describiría no ya la simple línea recta y perpendicular, sino una transversal y quizás no recta.

SIMPL: Lo de “no recta” no lo sé. Pero entiendo claramente que sería necesariamente una transversal y diferente de la otra recta y perpendicular que describiría estando la Tierra inmóvil.

SALV: Así pues, sólo porque veáis que la piedra que roza la torre, no podéis afirmar con seguridad que describa una línea recta y perpendicular, si no se supone antes que la Tierra este quieta.

SIMPL. Así es. Porque si la Tierra se moviese, el movimiento de la piedra sería transversal y no perpendicular. [...]

SAGR: Por consideración al Sr. Simplicio, yo quisiera, si es posible, defender a Aristóteles o, por lo menos, captar mejor la fuerza de vuestra inferencia. Vos decís: el ver rozar la torre no basta para estar seguro de que el movimiento de la piedra sea perpendicular, que es el término medio del silogismo, si no se supone que la Tierra esta quieta, que es la conclusión que debe probarse. Porque si la torre se moviese con la Tierra, y la piedra la rozase, el movimiento de la piedra será transversal y no perpendicular. Pero yo responderé que, si la torre se moviese, sería imposible que la piedra cayese rozándola y, por tanto, del que caiga rozándola se infiere el estatismo de la Tierra.

SIMPL: Así es. Porque, si se pretendiera que la piedra viene rozando la torre, si esta fuese llevada por la Tierra, sería preciso que la piedra tuviese dos movimientos naturales, esto es el recto hacia el centro y el circular en torno al centro, lo cual es imposible.

SALV: Así pues, la defensa de Aristóteles consiste en que es imposible, o al menos en que él ha considerado imposible, que la piedra pueda moverse con un movimiento mixto, recto y circular. Porque, si él no hubiese tenido por imposible que la piedra pudiera moverse hacia el centro y en torno al centro a la vez, habría aceptado que podía suceder que la piedra que cae podría ir rozando la torre tanto si ésta se mueve como si está quieta y, en consecuencia, se habría dado cuenta de que del hecho del roce no se podría inferir nada respecto al movimiento o al reposo de la Tierra. [...]

SAGR: Por lo que ahora entiendo gracias

a vuestro largo desmenuzamiento, me parece que puedo dejar satisfecho a mi intelecto. [...]

SALV: Por el momento, no pretendo que vayamos tan adelante en nuestra investigación. Basta con que hayamos mostrado bastante sobradamente (si no me engaño) la ineficacia del argumento, que a primera vista parecía concluyentísimo y así había sido considerado por grandísimos hombres. Y el tiempo y las palabras me parecerían bien gastados si también en la opinión del Sr. Simplicio hubiera conseguido que creyera, no diré en la movilidad de la Tierra, pero al menos que la opinión de aquellos que la creen no es tan ridícula y tonta como la consideran los huestes de los filósofos comunes.

SIMPL: Las soluciones aportadas hasta aquí a las objeciones contra la rotación diurna de la Tierra, tomadas de los casos de los graves que caen desde lo alto de una torre y de los proyectiles en perpendicular hacia arriba o según cualquier inclinación lateral, hacia oriente, occidente, sur o norte, etc., han disminuido en parte mi antigua incredulidad concebida contra tal opinión. [...] (p.111-189)

Luego de la lectura del fragmento de los *Diálogos*, se solita a los estudiantes reunirse en grupos de cuatro personas para discutir y responder las preguntas planteadas a continuación. Cada grupo de discusión debe llegar a un consenso sobre las respuestas y puntos de vista, y plasmarlos por escrito. Asimismo, cada grupo debe construir un párrafo en el que se describan los aspectos que tuvieron en cuenta para establecer el consenso alcanzado (argumentos y experiencias físicas propuestas, flexibilidad y cambios de punto de vista, respeto por la postura del otro).

¿Qué argumentos, de las experiencias físicas presentadas por Salviati, favorecen el debilitamiento de la hipótesis de la inmovilidad de la Tierra? ¿En qué sentido tales argumentos cumplen este fin?

¿Cree usted que estas experiencias físicas podrán considerarse como una “estrategia discursiva” para propiciar un consenso a favor de la movilidad de la Tierra? ¿En qué sentido?

En los *Diálogos* se exponen argumentos tanto a favor del movimiento de la Tierra (expresados por Salviati), como a favor del reposo de esta (planteados por Simplicio). ¿Cuál argumento, de cada una de estas perspectivas, considera Usted es el más potente para convencer a su ponente y por qué?

¿De qué manera la forma como se presenta y desarrolla el Diálogo contribuye a solucionar el conflicto expuesto? ¿Esta manera de presentar y desarrollar el Diálogo se puede evidenciar en otras dinámicas sociales? ¿Cuáles?

Tercer momento.

Plenaria de la discusión (30 minutos)

Cada grupo representa los diferentes puntos de vista y respuestas a las preguntas construidas colectivamente. Así mismo, se leen los textos en los que cada grupo describe los aspectos que se tuvieron en cuenta para alcanzar tales consensos.

Actividad 3. Carácter discursivo del instrumento científico como medio para movilizar consensos

El tiempo previsto para el desarrollo de esta actividad es de, aproximadamente, 130 minutos. Con esta actividad se pretende destacar el rol de los procesos dialógicos en la construcción del conocimiento científico, gracias al uso de algunos instrumentos científicos como una estrategia discursiva para movilizar consensos en favor de las explicaciones construidas. La actividad consta de dos momentos: inicialmente se realiza una contextualización alrededor de la Esfera Armilar y el Péndulo de Foucault como instrumentos inscritos en las perspectivas ptolemaica y copernicana, respectivamente; esta contextualización se orienta por medio de la lectura de dos textos (uno centrado en cada instrumento) y la manipulación de los instrumentos correspondientes. En el segundo momento se realiza un debate siguiendo la propuesta del Modelo de Debate Crítico de Leitão (2012), según el cual la argumentación puede entenderse como una actividad cognitiva-discursiva que se produce cuando uno o más individuos se involucran en una diferencia de opinión, mediante la formulación de enunciados en apoyo de sus puntos de vista y la construcción de respuestas a perspectivas contrarias. Finalmente, se adelanta una plenaria de donde se evalúan los argumentos presentados y las estrategias discursivas utilizadas.

Primer momento. Contextualización (30 minutos)

Los estudiantes deben organizarse en dos subgrupos. Se asigna a cada subgrupo una de las lecturas propuestas: aquella sobre la Esfera Armilar y la referida al Péndulo de Foucault. De acuerdo con la información suministrada por cada texto, y haciendo uso del instrumento correspondiente, cada grupo discute y construye colectivamente al menos dos argumentos en defensa de uno de los modelos cosmológicos: la perspectiva ptolemaica (para el caso de la Esfera Armilar), o la perspectiva copernicana (para el caso del Péndulo de Foucault). Los argumentos propuestos deben plasmarse por escrito, para leerlos en el momento siguiente.

La Esfera Armilar (Fragmento)

Un antiguo instrumento astronómico

En latín, *armilla* significa aro, anillo o brazalete. De ahí provino el nombre de



Figura 1. La esfera celeste. Fuente: Gaungui, 2013

esfera armilar, usado para designar a un modelo o representación en tres dimensiones de la esfera celeste, la trayectoria aparente del Sol en el cielo y algunos elementos astronómicos significativos como el ecuador, los trópicos, los círculos polares celestes y la eclíptica. El armilario consiste en un conjunto de aros concéntricos dispuestos en torno a una pequeña esfera que hace las veces de la Tierra (figura 1). Data de antiguo: su invento se atribuye, entre otros, a Eratóstenes de Cirene (276-195 a.C.), astrónomo, matemático y geógrafo griego que vivió principalmente en Alejandría, cuya célebre biblioteca dirigió [...]

Como instrumento científico también la usaron los árabes, quienes desde Andalucía la introdujeron en Europa occidental, donde el astrónomo danés Tycho Brahe (1546-1601) fue uno de los que hizo extenso uso de ella. De hecho, hasta la invención del telescopio óptico en el siglo XVII fue el instrumento astronómico por excelencia [...]

Un atractivo recurso didáctico

Las antiguas esferas armilares son mecanismos sumamente ingeniosos y resultan objetos muy atractivos a la vista. Presentarlas en un contexto escolar da pie para poner de manifiesto ambas características, pero tiene una virtud más importante para el trabajo del profesor en el aula: permite guiar a los alumnos por el itinerario histórico de la ciencia, desde las primeras intuiciones e ideas que se fueron concibiendo sobre la geometría del cosmos hasta las concepciones más modernas que las superaron. Es, por ejemplo, un recurso valioso para apreciar el valor de la visión ptolemaica (o geocéntrica) del cosmos y evitar la tentación de ponerla en ridículo frente a la copernicana (o heliocéntrica) [...]

Un modelo mental que mantiene su utilidad

El concepto que subyace tanto en esa maqueta como en la esfera armilar es el de la *bóveda celeste*, una representación

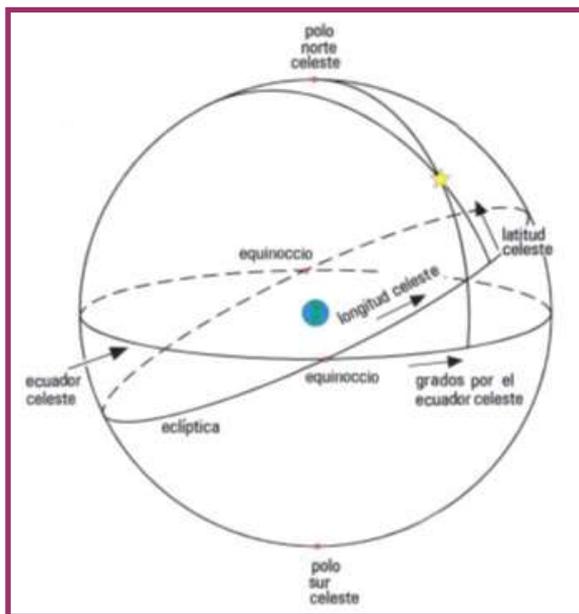


Figura 2. La esfera celeste. Fuente: Gangui, 2013

mental del cosmos como una esfera en cuyo centro está la Tierra que habitamos (o alternativamente, el Sol, alrededor del cual se traslada anualmente nuestro planeta). Esa fue la manera de entender la geometría del cosmos y la base de la astronomía de posición desde la Antigüedad hasta bien entrada la Edad Moderna, y para muchos propósitos es un modelo mental que aún nos resulta útil.

Como se aprecia en la figura 2, nosotros miramos la bóveda celeste desde su interior y vemos todos los cuerpos celestes localizados en algún punto de la superficie de la esfera. Podemos precisar la ubicación de cada uno mediante alguna definición convencional de sus coordenadas. Por la rotación de la Tierra, vemos girar la esfera entera alrededor de nosotros, y describir una rotación completa cada aproximadamente 24 horas. [...] El eje de esa rotación, llamado también *eje del mundo*, es la línea que pasa por los polos norte y sur de la Tierra y se prolonga hasta alcanzar la superficie de la bóveda; así determina el *polo norte celeste* y el *polo sur celeste*.

Equidistante entre ambos polos celestes sobre la esfera está la circunferencia del

ecuador celeste, determinada por la proyección en el cielo de la circunferencia del ecuador terrestre.

Otra gran circunferencia definida sobre la esfera es la *eclíptica*, que es más difícil de entender intuitivamente. Corresponde al recorrido aparente del Sol, visto desde la Tierra contra el telón de fondo de las estrellas, no en un día sino en un año. Otra manera de imaginarse la eclíptica es como la intersección de la bóveda celeste y el plano determinado por el movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol. Las estrellas del mencionado telón de fondo que veríamos de día detrás del Sol en cada mes son las que forman las constelaciones del zodiaco que están detrás —o por las que ‘pasa’— el Sol cada día. Como es obvio, escribimos ‘veríamos’, porque en realidad la luz del Sol nos impide verlas, y de noche, o durante el crepúsculo, no distinguimos esas constelaciones sino las que se encuentran apartadas por lo menos un par de constelaciones a cada lado de la ubicación real del Sol. [...]

En la figura apreciamos que el ecuador celeste y la eclíptica, al cortarse, determinan dos puntos [...] son los dos momentos del año en que el sol está en el ecuador celeste, es decir, los equinoccios, que ocurren en el comienzo de la primavera y del otoño de cada año.

Las coordenadas que mencionamos, usadas para establecer la posición en el cielo de cualquier cuerpo celeste, se suelen definir con relación a ciertos planos fundamentales, que pueden ser el ecuador, la eclíptica o el horizonte del lugar, y medirse por magnitudes angulares, en grados (y sus fracciones). Las coordenadas ecuatoriales se llaman ascensión recta y declinación; las eclípticas, latitud y longitud celestes; las horizontales, cuya validez es solo local, azimut y altura. En el caso particular de la ascensión recta, y dado que la Tierra completa un giro de 360 grados angulares respecto de las estrellas del cielo en 24 horas sidéreas (que tienen 4 minutos menos que las 24

horas reloj), esta coordenada acostumbra medirse también en horas, minutos y segundos sidéreos.

Demostración física del movimiento de rotación de la tierra por medio del péndulo (Fragmento)

Las observaciones tan numerosas e importantes de las cuales el péndulo ha sido hasta aquí objeto, son sobre todo relativas a la duración de las oscilaciones; aquellas que me propongo hacer conocer a la Academia están principalmente relacionadas sobre la dirección del plano de oscilación que, desplazándose gradualmente, de oriente a occidente, proporcionan un signo sensible del movimiento diurno del globo terrestre.

A fin de llegar a justificar esta interpretación de un resultado constante, haré abstracción del movimiento de traslación de la tierra, que no influye en el fenómeno que quiero poner en evidencia, y supondré que el observador se transporta al polo para establecer allí un péndulo reducido a su más grande simplicidad, es decir, un péndulo compuesto de una masa pesante homogénea y esférica, suspendida por un hilo flexible de un punto absolutamente fijo; supondré asimismo, inicialmente, que este punto de suspensión está exactamente sobre la prolongación del eje de rotación del globo, y que las piezas sólidas que lo soportan no participan del movimiento diurno. Si, en estas circunstancias, se aleja de su posición de equilibrio la masa del péndulo, y si se la abandona a la acción de la pesantez sin comunicarle ningún impulso lateral, su centro de gravedad pasará por la vertical, y, en virtud de la velocidad adquirida, se elevará del otro lado de la vertical a una altura casi igual a aquella de la cual ha partido. Llegado a este punto, su velocidad expira, cambia de signo, y lo devuelve, haciéndole pasar de nuevo por la vertical, un poco debajo de su punto de partida. Así se provoca un movimiento oscilatorio de la masa pendular siguiendo un arco de círculo cuyo plano

está netamente determinado, y al cual la inercia de la materia asegura una posición invariable en el espacio. Si entonces estas oscilaciones se perpetúan durante un cierto tiempo, el movimiento de la Tierra, que no cesa de girar de occidente a oriente, devendrá sensible por el contraste de la inmovilidad del plano de os-

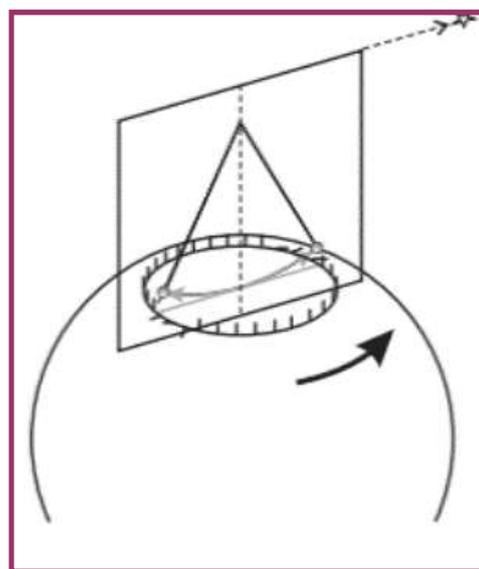


Figura 3. Péndulo de Foucault oscilando. Fuente: Cabrera, 2006, p.28.

cilación cuya traza sobre el suelo parecerá animado de un movimiento conforme al movimiento aparente de la esfera celeste; y si las oscilaciones pudieran perpetuarse durante 24 horas, el trazo de su plano ejecutará en el mismo tiempo una vuelta entera alrededor de la proyección vertical del punto de suspensión (...)

Segundo momento.

Me mueve o no se mueve.

(120 minutos)

Haciendo uso de la información suministrada a cada grupo de discusión, así como de los argumentos construidos en el momento precedente, se realiza un debate en el cual los estudiantes pongan en escena una estrategia discursiva que contribuya a

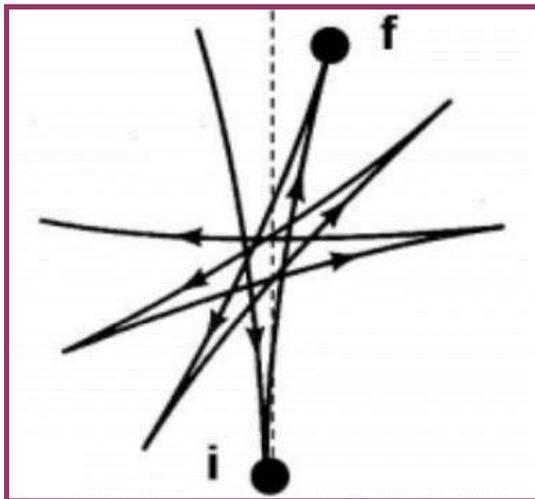


Figura 4. Trayectoria aparente de la masa del péndulo.
Fuente: Ibarra, 2009, p.21

la movilización de consensos en favor del modelo cosmológico asignado, y al debilitamiento del modelo cosmológico opuesto.

El debate, siguiendo los lineamientos del Modelo de debate crítico de Leitão (2012), tiene la siguiente metodología:

Primer momento. Se abre el debate con la presentación, por parte de un representante de cada grupo, de las dos visiones de mundo en consideración y de los instrumentos científicos que las apoyan. Cada equipo tendrá un tiempo de 5 minutos para expresar su postura.

Segundo momento. Los grupos participantes alternan algunos puntos de vista adicionales sobre los instrumentos asignados, para una adecuada comprensión de ellos. Cada intervención deberá durar un máximo de 3 minutos.

Tercer momento (debate abierto).

Los participantes exponen sus argumentos y contraargumentos, así como las respuestas a los cuestionamientos surgidos en el debate. Cada equipo tendrá un tiempo de cinco minutos para expresar su argumento inicial en favor de su moldeo asignado, tres minutos para plantear un contraargumento para debilitar el modelo contrario, y un minuto para responder al contraargumento.

Cuarto momento.

De ser necesario, el maestro interviene para mediar en la discusión.

Quinto momento.

Finalmente, se evalúan los mejores argumentos presentados y, sobre la base de esta evaluación, se discuten posibles cambios en las posturas iniciales con miras a establecer el consenso sobre el tema objeto de controversia.

Tercer momento.

**Plenaria de la discusión
(40 minutos)**

Una vez terminado el debate, se hará un conversatorio sobre la experiencia enfatizando en el rol desempeñado por los instrumentos en la construcción de los argumentos y contraargumentos, los aspectos que se tuvieron en cuenta para llegar a los acuerdos y posibles consensos, así como los aspectos actitudinales evidenciados en el transcurso del debate.

El uso de episodios históricos centrados en el concepto de evolución para el desarrollo de habilidades científicas y ciudadanas

Esta secuencia es el producto del Trabajo de Grado titulado: *Enseñanza del concepto de evolución centrada en reflexiones metacientíficas: Una tentativa de articulación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana*. Las actividades que aquí se proponen han sido tomadas de esta investigación y algunas de ellas han sido adaptadas o modificadas por los autores del presente texto.

La secuencia está dirigida a estudiantes del grado noveno y tiene como propósito general la búsqueda de relaciones entre la formación en ciencias y la formación ciudadana. Para este propósito, se han seleccionado planteamientos propuestos por Darwin (1859), en su obra *El origen de las especies* y los propuestos por Lamarck (1809) en *Philosophie Zoologique*, como pretexto para hacer emerger, en el debate, asuntos relacionados con habilidades científicas y ciudadanas. En este sentido, se implementan el debate y las controversias como estrategias pedagógicas que permiten explicitar puntos de vista, movilizar las ideas propias y ajenas y, en particular, reconocer que es posible construir a partir de las diferencias y que cambiar de puntos de vista, cuando se atiende a las buenas razones, es un asunto clave en las dinámicas científicas y sociales.

El diseño de la propuesta se realiza bajo los lineamientos del Ciclo Didáctico

propuesto por Jorba y Sanmartí (1996). Este consiste en cuatro fases: exploración, introducción de nuevos modelos explicativos, procedimientos y actitudes, estructuración o síntesis de los nuevos conocimientos, y la aplicación a nuevas situaciones. Para favorecer las prácticas discursivas, en algunos casos, se orienta el debate siguiendo las fases del Modelo de Debate Crítico (MDC) de Leitão (2012), modelo que se desarrolla en cinco fases: de apertura, de debate restringido (los grupos alternan sus puntos de vista), de debate abierto (los participantes argumentan y contraargumentan), de mediación del maestro y la evaluación para propiciar consensos.

Estructuración de la unidad didáctica

Nombre de la unidad: Teorías de la evolución como pretexto para propiciar debate y reflexiones sobre la formación en ciencias y la formación ciudadana.

Área: Ciencias Naturales

Grado escolar: Noveno

Número de sesiones: Cinco sesiones, con un tiempo estimado de dos horas cada una.

Derechos Básicos de Aprendizaje (evidencias de aprendizaje):

Explica las evidencias que dan sustento a la teoría del ancestro común y a la de selección natural (evidencias de distribución geográfica de las especies, restos fósiles, homologías, comparación entre secuencias de ADN).

Explica cómo actúa la selección natu-

ral en una población que vive en un determinado ambiente, cuando existe algún factor de presión de selección (cambios en las condiciones climáticas) y su efecto en la variabilidad de fenotipos.

Argumenta con evidencias científicas la influencia de las mutaciones en la selección natural de las especies.

Reconoce los argumentos que le permiten asumir y cambiar de postura cuando debate con sus compañeros.

Competencias ciudadanas:

Aportar a la construcción de la convivencia y la paz. Desarrollar capacidades en los estudiantes para resolver sus diferencias mediante el diálogo y sin acudir a la violencia.

Promover la participación y responsabilidad democrática. Desarrollar la capacidad para la participación democrática a fin de generar transformaciones sociales.

Promover la pluralidad, identidad y valoración de las diferencias humanas. Desarrollar capacidad para respetar a quienes son diferentes, reconocerlos como sujetos con los mismos derechos y deberes, e interesarse auténticamente por la perspectiva desde la cual el otro u otra observa la realidad para hacerse a modelos cada vez más complejos de nuestra sociedad.

Primera sesión. Fase de exploración. Dinámicas científicas y ciudadanas

Esta fase de exploración se desarrolla en dos momentos, en un tiempo total esti-

mado de 120 minutos: 30 minutos para el primer momento y 90 minutos para el segundo. Aquí se pretende contextualizar al estudiante en relación con algunas dinámicas científicas y ciudadanas.

Para indagar los saberes previos se aplica el protocolo de evaluación Knowledge and Prior Study Inventory (en adelante KPSI), instrumento que permite explicitar el nivel de conocimiento y apropiación que tienen los estudiantes sobre este tema. Una vez se diligencie el instrumento, se realiza un debate en el que se elige una cuestión controversial de las que en él se plantean. En esta discusión se hará seguimiento no sólo a los modos de argumentar, sino también a la manera como los participantes modifican sus puntos de vista cuando escuchan al otro y cómo tramitan las diferencias (respeto, buenos modales, prudencia, entre otros). Los productos de esta fase se sistematizarán para que, al finalizar el desarrollo de la Secuencia Didáctica, los estudiantes, con ayuda del profesor, puedan evaluar cómo se movilizó el aprendizaje.

Primer momento (30 minutos). Aplicación del KPSI para explorar las ideas previas sobre dinámicas científicas y ciudadanas.

Segundo momento (90 minutos). Debate: ¿Cuál de los planteamientos del KPSI le permite a usted argumentar y justificar una relación entre las dinámicas sociales y las dinámicas científicas?

Segunda sesión. Fase de introducción de nuevos modelos explicativos, proce-

KPSI

Indicaciones

Esta actividad tiene como propósito indagar sobre lo que sabes acerca de dinámicas científicas y ciudadanas.
Marca con una x en una de las casillas frente a cada ítem de acuerdo con tu pensamiento.
Duración: 20 minutos.

Categorías

1.	2.	3.	4.
Lo sé y se lo podría explicar a alguien.	Creo que lo sé, pero no podría explicárselo a alguien.	No lo entiendo.	No lo sé.

Planteamientos

1 2 3 4

El conocimiento científico es producto del debate y un acuerdo entre científicos y por eso puede ser cuestionado (Las teorías de la evolución son el resultado de la discusión entre científicos).

La existencia de diversas teorías de evolución como una manera de justificar diferentes puntos de vista.

En la construcción del conocimiento científico los criterios morales (confianza, caballerosidad, integridad, prudencia) son fuentes de credibilidad y certeza.

La comunicación como medio para favorecer el consenso y la convivencia.

Flexibilidad de pensamiento como factor clave para dirimir conflictos científicos y sociales.

Las teorías científicas y perspectivas del mundo físico son estilos (y colectivos) de pensamiento que permiten evidenciar la validez de diversas posturas y reconocer al otro como interlocutor válido.

Diseño propio

dimientos y actitudes (primera parte). Perspectivas teóricas sobre los mecanismos de ocurrencia de la evolución

Primer momento: Se desarrolla en un tiempo estimado de 60 minutos. En esta fase se busca posibilitar que los estudiantes organicen sus ideas relacionadas con el concepto de *evolución* y analizar cómo en sus argumentos se explicitan ciertas habilidades ciudadanas. Esta fase se desarrolla mediante la implementación de dos estrategias: la primera, con un debate que se propicia a partir de la presentación de un video sobre Darwin y Lamarck, en relación con sus posturas sobre los mecanismos de ocurrencia de la evolución. La segunda estrategia consiste en un conversatorio sobre fragmentos históricos, a partir de los cuales el estudiante puede argumentar su postura. Se sugiere que para esta actividad se utilicen formatos orales y escritos. El escrito, inicialmente, se realiza de manera individual y, posteriormente, se trabaja en pequeños grupos. Finalmente, tiene lugar la socialización, la cual debe propiciar la discusión en relación con lo planteado de manera individual y grupal.

Para esta actividad, se presenta a los estudiantes el video referenciado, el cual tiene una duración de 5:50 minutos. En este se muestran los planteamientos de los naturalistas Darwin y Lamarck, en relación con los mecanismos de ocurrencia de la evolución. Además, se expone que la teoría de Lamarck, pese a ser hoy considerada no válida en su totalidad, ha contribuido en la construcción del concepto de evolución

que se conoce en la actualidad. Una vez visto el vídeo, se organiza el grupo y se asignan las dos perspectivas teóricas para que construyan, a partir de lo planteado en el video, argumentos en los que justifiquen por qué la teoría elegida o asignada presenta mejores argumentos para defender su validez. Finalmente, se procede a realizar un debate, con el propósito de explicitar posturas sobre las diversas perspectivas teóricas. En este debate es importante documentar la manera como los participantes argumentan, modifican sus puntos de vistas y reconocen la validez de otros puntos de vista, etc.

Actividad: Debate a partir de la presentación del video:

(Link: <https://www.youtube.com/watch?v=vW-UJsXikrk>)

Tercera sesión.

Introducción de nuevos modelos explicativos, procedimientos y actitudes (segunda parte).

Perspectivas teóricas plantean explicaciones distintas sobre el mismo tema

Duración: 120 minutos.

Actividad: Conversatorio a partir de fragmentos históricos

Se presentan a los estudiantes dos fragmentos que muestran una discusión sobre los mecanismos por los cuales sucede la evolución, correspondientes a los naturalistas Darwin y Lamarck. A partir de esta información, se le propondrá a cada

estudiante elegir el autor de la teoría que le parezca más adecuada y argumentar tal decisión mediante un escrito. Finalmente, se les solita que construyan colectivamente (con 5 compañeros que hayan tomado la misma postura) un escrito corto de uno o dos párrafos en los que describan la manera como lograron los acuerdos y la forma como se modificaron las posturas iniciales de cada uno. Luego se presentan los argumentos con los que justifican por qué eligieron a ese teórico.

Fragmentos que muestran una discusión sobre los mecanismos por los cuales sucede la evolución:

Fragmento uno:

Lamarck (1809) resalta que el ambiente experimenta cambios, lo que conlleva a que los organismos se transformen y perfeccionen algunas de sus características para poder adaptarse al medio, sobrevivir y transmitir los cambios a sus hijos. Esto se puede leer el siguiente fragmento:

[...] la adaptación es una relación entre la modificación del mundo exterior y el cambio correspondiente a las actividades y en consecuencia a las formas del organismo, y es así que la herencia transmite los hábitos a sus descendientes, los cuales van buscando la perfección y acaban finalmente por ser metamorfoseados. (Lamarck, 1809, p.5)

Fragmento dos:

Darwin (1859), contrario a lo expuesto por Lamarck, plantea la evolución como una variabilidad aleatoria, es decir, que las especies no son exactamente iguales, sino que sus características varían y esta

variación es transmitida de padres a hijos. Por lo tanto, no es el medio el que ayuda a que los organismos se adapten, sino que son las características de las especies las que les posibilita adaptarse o no y a su vez sobrevivir. Esto se puede interpretar en el siguiente texto:

[...] Gracias a la rápida progresión en que tienden a aumentar todos los seres orgánicos y a su variabilidad individual bien marcada, resulta inevitablemente una lucha por la existencia, y no solo para sobrevivir el individuo, sino también el éxito por dejar descendencia. Debido a esta lucha, las variaciones, cualquiera que sea la causa de la que procedan, si son en algún grado provechosas a los individuos de una especie en sus relaciones con otros seres orgánicos, tenderán a la conservación de estos individuos y serán, en general, heredadas por la descendencia. (Darwin, 1859, p.84)

De los planteamientos anteriores se puede interpretar que: Para Lamarck el ambiente es el factor determinante para la evolución de las especies, mientras que para Darwin son las características (variabilidad genética) heredadas por algunos individuos de la especie lo que les permite adaptarse mejor al medio, y ser seleccionados naturalmente.

En este contexto de significación realice la siguiente actividad:

Elijan el autor de la teoría que le parezca más adecuada y argumente su apreciación personal por medio de un escrito.

Construyan colectivamente (con 5 compañeros que hayan tomado la misma postura), dos párrafos: uno que resuma la postura común del grupo, y el otro que

describa los aspectos que tuvieron en cuenta para establecer el consenso: argumentos, cambio de postura, respeto, escucha, flexibilidad en la postura, confianza, credibilidad.

Finalmente, construyan los argumentos con los que se justifica por qué eligieron a ese teórico.

Cuarta sesión. Fase de estructuración o síntesis de los nuevos conocimientos. Construcción de argumentos para defender perspectivas teóricas

El tiempo estimado para el desarrollo de esta fase es de 120 minutos. En esta se busca precisar los aprendizajes propuestos, aspecto por el cual se propician las

ANTES

DESPUÉS

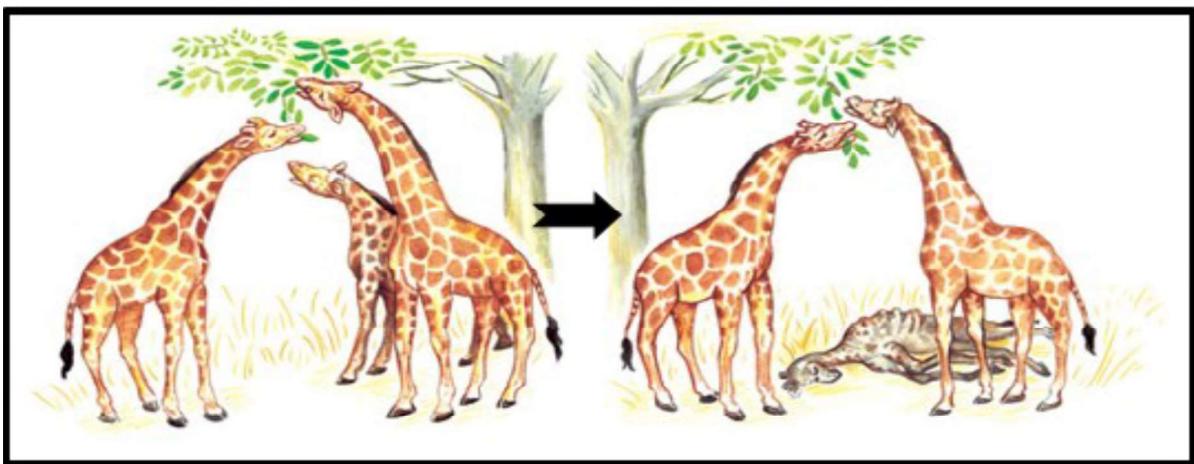


Figura 5.

Tomada de: <http://candelavictortema2cc.blogspot.com/2015/11/teoria-de-la-seleccion-natural.html>

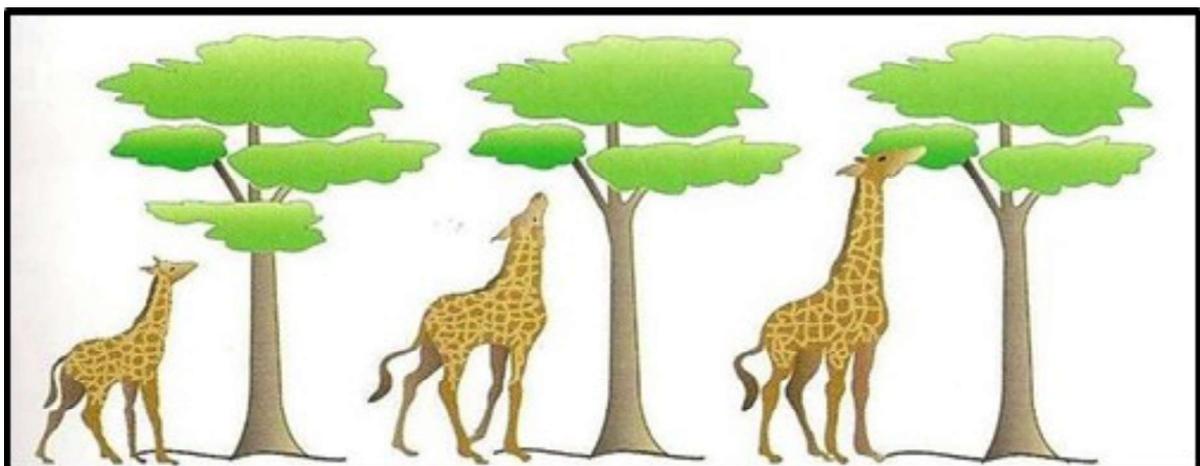


Figura 6.

Tomada de: <https://psicologiaymente.com/neurociencias/teoria-lamarck-evolucion-especies>

condiciones para que los estudiantes evalúen la manera como se ha modificado su punto de vista sobre los conceptos abordados y la incidencia que ha tenido la interacción con sus compañeros en sus aprendizajes.

Como estrategia para su desarrollo se propone un debate (*El gran debate: Darwin vs. Lamarck*). En este se busca la construcción de argumentos de manera individual y colectiva. Esta estrategia está orientada para que los estudiantes puedan reconocer y sacar conclusiones y, luego, explicitarlo con palabras propias de la disciplina.

Actividad. El gran debate: Darwin vs. Lamarck

Inicialmente se divide el grupo en dos subgrupos de forma aleatoria o como considere más pertinente el maestro. Luego, cada subgrupo recibe los fragmentos de una de las dos teorías planteadas: Darwin y Lamarck, quienes se citaron anteriormente. Posteriormente se les darán 30 minutos para que, en cada subgrupo, dialoguen y discutan sobre los argumentos que van a construir en conjunto para defender su postura. Además de los fragmentos, a cada grupo se le suministra la siguiente información:

Para el subgrupo uno: Teoría de Darwin (1859)

La teoría de Darwin postula que las especies han experimentado variaciones a lo largo del tiempo y que estas variaciones ocurren mediante la Selección Natural y, entre sí, por descendencia de un antecesor común. La teoría de la Selección Natural expresa que todos los orga-

nismos vivos poseen modificaciones al azar genéticamente y estas modificaciones son heredables. Luego, es el medio ambiente el encargado de seleccionar los organismos que sufrieron las modificaciones más convenientes; de esta forma van sobreviviendo los más aptos y, a su vez, van dejando descendencia, mientras que los menos aptos terminan por extinguirse.

En la imagen se ilustra que existen jirafas con cuellos diferentes, unos largos y unos cortos; al escasear el alimento a menor altura y a ras del suelo, sobrevivieron las jirafas de cuello más largo, que podían alcanzar las hojas de los árboles. Las jirafas de cuello más largo tuvieron mayor posibilidad de reproducirse originando más descendientes con esta característica.

Para el subgrupo dos: Teoría de Lamarck (1809)

Esta teoría postula que las especies en su adaptación al medio desarrollan progresivamente órganos útiles que se consolidan por herencia de caracteres adquiridos, es decir que para adaptarse deben mejorar ciertos órganos que se refuerzan con el uso que el animal hace de ellos, condicionado por el ambiente; y, por otra parte, otros órganos se atrofian y se eliminan por el desuso.

En la imagen se ilustra que, al principio, las jirafas no tenían el cuello tan largo; con el paso del tiempo este cuello fue evolucionando porque la necesidad de coger las hojas de los árboles lo requería. Las crías de estas jirafas ya nacían con esta característica, el cuello alto, siendo esto un carácter heredable. La función hace al órgano.

A partir de la anterior información, suministrada a cada grupo, se construyen los argumentos para defender la perspectiva asignada. Una vez se construyan los argumentos se realiza el debate, que se orienta con la siguiente metodología:

Primer momento. Se da apertura al debate, presentando las dos perspectivas teóricas de la evolución.

Segundo momento. Los grupos participantes alternan sus puntos de vista sobre la teoría asignada sobre la evolución.

Tercer momento (debate abierto). Todos los participantes argumentan y/o contra argumentan en relación con los argumentos presentados por cualquiera de los grupos participantes.

Cuarto momento. De ser necesario, el maestro interviene para mediar en la discusión.

Quinto momento. Finalmente, se espera que cada grupo tenga la información relevante, para evaluar los mejores argumentos que presentaron los grupos y, sobre la base de esta evaluación, se debe propiciar una propuesta para establecer el consenso sobre el tema objeto de controversia.

Para esta actividad se recomienda:

Cada subgrupo debe elegir un líder (coordinador), quien será el encargado de organizar las intervenciones de sus participantes.

Todos los estudiantes deben participar en el debate.

El maestro controlará el tiempo y no intervendrá, a menos que sea absolutamente necesario.

Una vez terminado el debate orientado por el maestro, se hará un conversatorio sobre la experiencia y se enfatizará sobre los aspectos que tuvieron en cuenta

para llegar a los acuerdos, en relación con la construcción de los argumentos, los acuerdos y los aspectos actitudinales evidenciados en el transcurso del debate.

Quinta sesión. Fase de aplicación a nuevas situaciones

El tiempo estimado para el desarrollo de esta fase es de 120 minutos. En esta, las actividades se plantean con el fin de que el estudiante aplique lo aprendido a nuevos contextos, a situaciones reales, o bien, plantee nuevos problemas. Para este propósito se implementa el debate como estrategia, en el que los estudiantes deben asumir roles y reglas que posibiliten el consenso.

Actividad:

Nuestro debate - Nuestro conocimiento

Para esta actividad, los estudiantes tienen como reto construir y adaptar un espacio en la institución educativa, para llevar a cabo debates sobre diferentes temáticas científicas, sociales y escolares, dejando ver cómo las habilidades científicas se pueden articular con habilidades ciudadanas. Para ello, se orientará a los estudiantes para que consulten y construyan las reglas de juego sobre el debate, definan el tema, objeto de la discusión y lo preparen bajo la asesoría de los profesores de las respectivas áreas afines al tema.

Una vez organizado el debate, se sugiere que los estudiantes difundan el evento en la institución, buscando contar con la participación de un número significativo de miembros de la comunidad educativa.

El asunto socio-científico de los alimentos transgénicos para ilustrar la relación entre formación en ciencias y la formación ciudadana

Esta secuencia didáctica se plantea con la intención de concretar las reflexiones sobre un asunto sociocientífico relacionado con los alimentos transgénicos, como tema controversial. La secuencia favorece el desarrollo de habilidades argumentativas y de pensamiento crítico en el ejercicio de civilidad. En este sentido, se han tomado, como parte del material didáctico, algunos instrumentos utilizados para la recolección de la información del Trabajo de Grado titulado: *Relación entre la formación en ciencia y formación en civilidad: Aporte de las discusiones centradas en los alimentos transgénicos*. Algunas actividades han sido adaptadas o modificadas por los autores de esta cartilla.

La secuencia didáctica está dirigida a estudiantes del grado décimo y, por medio de ella, se busca establecer una relación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana. Para este propósito, se ha seleccionado un asunto sociocientífico relacionado con los alimentos transgénicos como estrategia que permite explicitar puntos de vista, movilizar las ideas propias y ajenas y, en particular, reconocer que es posible construir acuerdos a partir de las diferencias, lo cual es factible si se asume la actitud propicia para buscar convencer y asumir la posibilidad de ser convencido.

Esta secuencia también se diseña como ciclo didáctico, según los lineamientos teóricos de Jorba y Sanmartí (1996). Este consiste en cuatro fases: exploración, introducción de nuevos modelos explicativos; procedimientos y

actitudes; estructuración o síntesis de los nuevos conocimientos; y la aplicación a nuevas situaciones.

Estructuración de la unidad didáctica:

Nombre de la unidad: La controversia de los alimentos transgénico: Una manera de relacionar la formación en ciencias y la formación ciudadana

Área: Ciencias Naturales.

Grado: Décimo

Número de sesiones: Cinco sesiones.

Derechos Básicos de Aprendizaje (evidencias de aprendizaje):

Explica los usos de la biotecnología y sus efectos en diferentes contextos (salud, agricultura, producción energética y ambiente).

Argumenta, basado en evidencias, los impactos bioéticos, legales, sociales y ambientales generados por el uso de transgénicos, clonación y terapias génicas.

Reconoce los argumentos que le permiten asumir y cambiar de postura cuando debate con sus compañeros.

Competencias ciudadanas:

Aportar a la construcción de la convivencia y la paz. Desarrollar capacidades en los estudiantes para resolver sus diferencias mediante el diálogo y sin acudir a la violencia.

Promover la participación y responsabilidad democrática. Desarrollar la capacidad para la participación democrática, con el propósito de generar transformaciones sociales.

Promover la pluralidad, identidad y valoración de las diferencias humanas. Desarrollar capacidad para respetar a quienes son diferentes, reconocerlos como sujetos con los mismos derechos y deberes, e interesarse auténtica-

mente por la perspectiva desde la cual el otro u otra observa la realidad y así hacerse a modelos cada vez más complejos de nuestra sociedad.

**Primera sesión. Fase de exploración.
Perspectivas distintas sobre los alimentos transgénicos**

El tiempo estimado para el desarrollo de esta fase es de 60 minutos. La intencionalidad de esta fase es identificar aquellos conocimientos previos que poseen los estudiantes en relación con los alimentos transgénicos como tema controversial. Para indagar tales saberes previos se aplica el instrumento KPSI y se presenta una histo-

rieta orientada mediante preguntas.

Primer momento Aplicación del KPSI. (10 minutos)

Indicaciones: Esta actividad tiene como propósito conocer lo que sabes acerca de los alimentos transgénicos como tema controversial en la actualidad.

Segundo momento ¿Transgénicos o no transgénicos? (50 minutos).

Actividad. Presentación de una historieta orientada mediante preguntas

En esta actividad cada estudiante asumirá un rol relacionado con los alimentos transgénicos. Se trata, en primer lugar, de completar una historieta de manera se-

KPSI

1. Lo sé y se lo podría explicar a alguien.	2. No estoy seguro de saber, no podría explicárselo a alguien.	3. No lo entiendo.	4. No lo sé.
--	---	-----------------------	-----------------

Planteamientos	1	2	3	4
Asumir posturas frente a los alimentos transgénicos.				
Importancia de los alimentos transgénicos en la sociedad.				
Describir por qué los alimentos transgénicos están en debate en la sociedad.				
Describir y explicar posibles alternativas que contribuyan al debate sobre los alimentos transgénicos en la sociedad.				
La comunicación como medio para favorecer el consenso sobre los el consumo de los alimentos transgénicos.				
Reflexionar sobre cómo estos asuntos (Alimentos transgénicos) ayudan a la formación en ciencias y a la formación ciudadana.				
Cambiar de postura frente a los argumentos ofrecidos por mis compañeros.				
Disposición para convencer y ser convencido				

Diseño propio

cuencial; una vez completadas las viñetas de la historieta, se propone una serie de preguntas abiertas que se responderán de acuerdo con lo que cada estudiante sabe. El cierre de la actividad se realiza con una discusión sobre las respuestas que den los estudiantes a las preguntas planteadas.

Duración: 10 minutos. Marca con una **X** en

el recuadro de la historieta que represente tu pensamiento.

Introducción

Entre la variedad de alimentos que consume la humanidad en la actualidad están aquellos que han sido genéticamente modificados a fin de suplir las necesidades de consumo. No obstante, algunos científi-



cos consideran que estas modificaciones pueden propiciar afectación a la salud humana, o alterar el equilibrio en el ambiente.

El debate sobre las ventajas y desventajas de producir y consumir esta clase de alimentos está vigente y es justamente este contexto de discusión que planteamos en esta actividad. Aquí, atendiendo a lo anterior, el estudiante, asumiendo el rol de un agente vendedor o propietario de un supermercado, debe asumir una postura sobre la cuestión de ¿qué tipo de alimentos (transgénicos o no transgénicos) vendería en el supermercado? Para esto, se le sugiere completar las viñetas (espacios en blanco) de la historieta, realizando un escrito en el que explicita sus consideraciones sobre este tipo de alimentos y luego dar respuesta a las preguntas que servirán para aclarar su postura.

Preguntas orientadoras:

¿Crees que, en el momento de hacer las compras, es importante que una persona tenga información sobre el tipo de alimentos (transgénicos o no transgénicos)?

Si No . ¿Por qué? Explica tu respuesta.

En el caso de la historieta, si tú no fueras el vendedor sino un posible cliente ¿qué alimentos (transgénicos o no transgénicos) comprarías y por qué?

Después de escuchar los argumentos de tus compañeros como vendedores, tú como posible cliente ¿qué alimentos comprarías para la cena? Explica tu respuesta.

Segunda sesión. Fase de introducción de nuevos modelos explicativos, procedimientos y actitudes. Aproximación a las discusiones sobre los alimentos transgénicos

Se busca, en esta fase, posibilitar que los estudiantes organicen sus ideas relacionadas con los alimentos transgénicos y analizar cómo en sus argumentos se explicitan ciertas habilidades ciudadanas. Esta fase se desarrolla mediante la discusión de las posturas actuales sobre estos alimentos, actividad que se dinamiza mediante la presentación de dos videos. Para afianzar el conocimiento y fortalecer las habilidades relacionadas con la argumentación, el maestro presentará a los estudiantes dos videos acerca de los alimentos transgénicos. Para este propósito se plantea una serie de preguntas que los estudiantes responderán atendiendo a sus conocimientos y lo ilustrado en los videos.

Actividad: Presentación de videos para explicitar diversos puntos de vista sobre los alimentos transgénicos

Vídeo 1: <https://www.semana.com/vida-moderna/multimedia/transgenicos-que-son-y-de-donde-salieron/504083>

Vídeo 2: <https://www.youtube.com/watch?v=BcU-hALpVZA>

Con el fin de conocer la manera como los estudiantes argumentan y demuestran un pensamiento crítico frente a temas controversiales se les orienta para responder a las siguientes preguntas:

¿Por qué crees que surgen diferentes posiciones entorno a los alimentos transgénicos?

Atendiendo a los planteamientos hechos en el vídeo, realiza un escrito corto donde expreses tu punto de vista sobre una de las posturas evidenciadas en él.

Si tuvieras la posibilidad de escoger los alimentos que puedes consumir, ¿cuáles elegirías? Explica tu respuesta.

Luego de escuchar a tus compañeros, ¿crees que ha cambiado tu punto de vista frente a lo que expresaste en el punto 2? Si ___ No ___ ¿Por qué?

El cierre de la actividad se realiza con una discusión sobre las respuestas que den los estudiantes a las preguntas planteadas.

Tercera sesión. Fase de estructuración o síntesis de los nuevos conocimientos. La observación y los métodos en el proceso de construcción de los alimentos transgénicos

En esta fase se busca precisar los aprendizajes adquiridos. En este sentido, se propician las condiciones para que los estudiantes evalúen cómo se ha modificado su punto de vista sobre los conceptos abordados y qué incidencia ha tenido la interacción con sus compañeros en sus aprendizajes.

Actividad: Debate a partir de fragmentos históricos sobre el proceso de construcción de los alimentos transgénicos

El análisis de fuentes documentales sobre los alimentos transgénicos permite conocer algunos aspectos y puntos de vista relacionados con el proceso de construcción de estos alimentos (actividad científica). Para esto proponemos un debate, que se basará, en primer lugar, con la lectura de un fragmento de la primera científica que trabajó sobre este tipo de alimentos.

En segundo lugar, se responderán, tanto de manera individual como grupal, algunas preguntas que orientarán un debate en relación con esta temática. Es necesario precisar que el propósito del debate no es conocer qué tanto sabe el estudiante del proceso de construcción de los alimentos transgénicos, sino generar una discusión en torno a este proceso. En esa discusión, se busca que el estudiante exprese sus puntos de vista de manera tranquila. (VER TABLA 2).

Preguntas para la discusión:

En el fragmento, escrito por la bióloga Carolina Martínez Pulido, se puede interpretar una de las intencionalidades de la actividad científica. Según lo planteado, ¿qué relación establece usted entre los desarrollos científicos y las necesidades sociales?

Usualmente se expresa que la ciencia es una actividad experimental y es justo en este sentido que se justifica el diseño de procedimientos (métodos) en el intento de dar respuesta a cualquier situación que nos inquieta en el diario vivir. Sobre este asunto, existen diversas perspectivas: en unas, se argumenta que el método está

Tabla 2

Asunto sociocientífico: El primer alimento transgénico

ASC

Alimentos transgénicos

Contexto

El interés de la humanidad por mejorar sus condiciones de vida es un asunto que nace con el ser humano. Un caso que ilustra esto, es el referido a las cosechas que, años tras año el ser humano realiza esfuerzos por mejorarlas a fin de obtener beneficios tanto en la alimentación como en la salud.

Esta línea de trabajo es abordada por la biotecnología o ingeniería genética que centra su objeto de estudio en la modificación de las características hereditarias de los organismos, con el propósito de dotar de nuevas características a los organismos, organismos que se denominan transgénicos. Justamente, en este campo de investigación la científica Mary Dell-Chilton trabaja y, con su equipo de colaboradores, en 1977 produce la primera noticia sobre la concreción de los vegetales transgénicos.

No obstante, si bien estos nuevos resultados marcan un hito en el desarrollo de la ciencia, estos organismos, producto de la manipulación genética, han generado profundas preocupaciones en un sector importante de la sociedad, quienes sostienen que estos productos pueden propiciar afectación a la salud humana o alterar el equilibrio del ambiente. Surge entonces un debate sobre estos alimentos transgénicos: un sector considera que es un gran aporte para la humanidad y otro argumenta que son perjudiciales para la salud humana y para el ambiente.

Fragmento

En los años setenta, Mary Dell-Chilton dirigía un equipo de trabajo interdepartamental en la Universidad de Washington, en Seattle, cuyo objetivo prioritario era investigar una bacteria, la *Agrobacterium tumefaciens*, que causa en las plantas una dañina enfermedad llamada “agalla de la corona” (corona o cuello, es la zona de transición entre la raíz y el tallo, y agalla es un tumor). Los científicos sabían que la *Agrobacterium*, al infectar una planta desencadena de alguna manera un cambio en su desarrollo dando como resultado la formación de una tumoración muy perjudicial. La cuestión era ¿cómo lo hacía?

M. Dell-Chilton recuerda con claridad el momento en que comprendió que los genes bacterianos poseían la sorprendente capacidad de transferirse (esto es, “viajar”) desde la *Agrobacterium* hasta las células de la de la planta. Relata: «Yo tenía una cinta grabada con mediciones de radioactividad de nuestros experimentos y estaba realizando los cálculos en la mesa de la cocina, después de que los niños se habían ido a la cama. Y dije, “¡Dios mío, el ADN está ahí!” Antes de nuestro experimento estaba segura de que no podía conseguirse que los genes bacterianos se recombinaran con los genes de la planta puesto que no hay homología entre ellos. Realmente no me creía lo que nuestros datos indicaban. Iba en contra de todo lo que había aprendido en la facultad, de modo que decidí demostrar que esta loca idea era un error. Y resultó que en el proceso en que estaba tratando de demostrar que la idea era errónea, demostré que era correcta».

Finalmente, el equipo investigador, formado por la joven Mary Dell-Chilton, el microbiólogo Eugene Nester y el bioquímico especialista en virus vegetales Milt Gordon, logró demostrar que el microbio causaba la enfermedad porque era capaz de transferir parte de su ADN a las células de la planta e inducirlas a desarrollar un tumor. En aquellas fechas, sostener que el material genético podía desplazarse desde un microorganismo a una planta y lograr modificarla, conmocionó a la comunidad científica.

El impacto fue grande no solo porque el ADN pudiera pasar desde un sencillo microorganismo unicelular a un vegetal complejo formado por numerosas células especializadas y modificarlo. Además, también impactó el hecho de que el ADN de *Agrobacterium* actuase como un vector natural. Esto significa que era capaz de funcionar como un vehículo transportador de genes desde un organismo a otro. Actividad hasta el momento apenas intuida por quienes estudiaban el tema.

Tomado de: <https://mujeresconciencia.com/2018/08/28/mary-dell-chilton-cientifica-que-abrio-el-camino-a-la-ingenieria-genetica-vegetal/> (Diseño propio).

asociado a las intencionalidades, al contexto y al problema que se quiere resolver; en otras, se considera la existencia del tradicional método científico, en el que es necesario seguir, de manera rigurosa, unos pasos secuenciales:

Según lo expresado por Martínez Pulido sobre la experiencia de Dell-Chilton,

¿Qué papel considera usted, cumple la observación en la construcción del conocimiento?

¿Qué relación se puede establecer entre la observación y la teoría?

¿Qué relación se puede establecer entre los datos obtenidos y la iniciación teórica?

¿Qué consideraciones puede hacer usted sobre los métodos en ciencias?

¿Están asociados a las intencionalidades y a los contextos, o responden estrictamente a las características del método científico?

El debate

Luego de responder las preguntas, se formarán grupos de cuatro estudiantes, para discutir acerca de las respuestas de cada uno.

Actividad para la discusión

A partir de las respuestas individuales se fomenta la discusión para que, tomándolas como punto de partida, se construyan posturas colectivas sobre las preguntas planteadas inicialmente. Estos argumentos serán los que se presentan en el debate.

Construir un párrafo en el que describan los aspectos que se tuvieron en cuenta para establecer el consenso: argumentos, cambio de postura, respeto, escucha, flexibilidad en la postura, confianza, credibilidad.

Después de haber realizado el debate, cada estudiante diligencia la siguiente tabla. Se sugiere señalar los elementos que se tuvieron en cuenta en el consenso.

Cuarta sesión. Fase de aplicación a nuevos contextos

En esta fase se pretende que los estudiantes apliquen los conocimientos adquiridos sobre los alimentos transgénicos asociados a las posturas que se sumen como ciudadanos. Para el desarrollo de esta sesión se divide el grupo en 4 equipos, cada equipo representará los diferentes puntos de vista que existen frente a los alimentos transgénicos, de acuerdo con un rol que se le asigne.

Actividad. Juego de Roles

¿Qué comemos de ahora en adelante?

Los roles que se asignan son los siguientes: El juez, un científico, ama de casa, abogado de las multinacionales, campesino y público en general.

Consideraciones para tener en cuenta para el juego de roles:

El juez inicia la discusión, dando la palabra a cada representante de cada equipo para que expresen su postura.

Durante la primera ronda de intervención se debe hacer lectura de lo plas-

mado en la tarjeta. Cada equipo tendrá un tiempo de 5 minutos para expresar su postura.

Durante la segunda ronda, los participantes expresarán contraargumentos a los argumentos de los otros representantes. Por ejemplo, las amas de casa podrán cuestionar las ideas ofrecidas por los abogados de las multinacionales.

Para la respuesta a los contraargumentos cada equipo contará con 1 minuto.

Para la respuesta a los contraargumentos se puede intercambiar la responsabilidad entre los participantes de un mismo equipo.

Se denominará *contraargumento* cuando algún equipo emita juicios que pongan en “tela de juicio” o en discusión los argumentos que ha ofrecido cada sector. Tal es el caso de preguntas o evidencias en contra. Cuando algún equipo reciba un contraargumento el juez tomará la tarjeta que indica “*contraargumento*” y se la entregará al equipo que ofrece la respuesta.

Al finalizar la segunda ronda se dará un receso de 15 minutos para que la audiencia se reúna y discuta las intervenciones de los diferentes equipos, para que luego un monitor exprese su opinión.

Funciones de la audiencia en la discusión

Han sido invitados a este debate sobre los alimentos transgénicos, con el propósito de que sean críticos frente a los ar-

gumentos que ofrece cada persona que interviene en la discusión. Luego del receso de 15 minutos, ustedes deberán emitir un juicio expresando la validez de los argumentos expuestos por los participantes. Deberán escoger un sector de la sociedad, atendiendo a los siguientes criterios: claridad en sus explicaciones, justificación de sus puntos de vista, evidencia que sustente sus argumentos.

Funciones del juez en la discusión

Es el encargado de dar la palabra a cada uno de los representantes en la discusión. El juez cierra la discusión buscando que los participantes lleguen a un consenso sobre los alimentos transgénicos.

Socialización de experiencia de juego de roles

Se plantean varias preguntas que orienten la discusión sobre la experiencia y los aprendizajes obtenidos.

¿Qué papel cumplió la argumentación en el debate?

¿Qué criterios se pueden tener en cuenta para aceptar los argumentos o las ideas de otros?

¿Fue posible modificar su postura en el curso del debate? Si ___ No __. Explique

¿Qué importancia tiene, en el debate, la disposición para convencer y ser convencido?

Evaluación del proceso

Finalmente, cada estudiante realizará un escrito donde describa y justifique los aprendizajes obtenidos durante el proceso. Se sugiere que los haga en términos de las posibles relaciones que se pueden establecer entre la formación en ciencias y la formación ciudadana.

El diálogo respetuoso	
Claridad de mis argumentos	
Escucha activa	
Reconocimiento del valor de las opiniones de los otros.	
Participación en la discusión	
Cambiar de punto de vista (de acuerdo con los argumentos de los otros)	
Considerar fuente de información confiable	
Plantear alternativas con base a sus argumentos	

SOBRE EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN

ESTUDIOS CULTURALES SOBRE LAS CIENCIAS Y SU ENSEÑANZA —ECCE—

El grupo de *Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza* —ECCE—, de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia), surgió en el año 2002 como una respuesta a la necesidad tanto de generar conocimiento en el área de la educación en ciencias, como de analizar y proponer estrategias de formación (pre y posgraduada) que permitan fundamentar y desarrollar procesos tendientes a la consolidación de una comunidad de profesores de ciencias naturales, desde una perspectiva *socio-cultural* de la actividad científica y su enseñanza.

Constituido por un equipo interdisciplinario de profesores-investigadores en el campo de la Educación en Ciencias, el Grupo ECCE busca proporcionar a los docentes de ciencias criterios de análisis y de crítica conceptual de los problemas relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y de los referentes que históricamente han servido para constituir, validar y difundir dicho conocimiento. En este sentido, sus líneas de investigación son: i) Epistemología, historia y enseñanza de las ciencias; ii) La historia de las ciencias como práctica cultural: construcción de identidades culturales; y ii) Lenguaje, argumentación y educación en ciencias. A través de la investigación teórica y aplicada, se pretende con el desarrollo de estas líneas de investigación aproximar a los docentes a una visión crítica que le permita comprender su naturaleza histórica y cultural del conocimiento científico, comprensión a partir de la cual se promueva el estudio de las ciencias y de su enseñanza con una clara intención de transformar las prácticas tradicionales de nuestro medio, que han contribuido a definir una relación de exterioridad y enajenación con la cultura científica.

SOBRE LOS AUTORES

Ángel Enrique Romero-Chacón:

Licenciado en Física; Magister en Docencia de la Física; Doctor en Epistemología e Historia de las Ciencias y las Técnicas. Coordinador del grupo de Investigación Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza —ECCE—.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5256-5535>

E-mail: angel.romero@udea.edu.co

Yirsén Aguilar Mosquera:

Licenciado en Matemáticas y Física; Especialista en Desarrollo de Habilidades de Pensamiento y Juicio Crítico; Especialista en Educación en ciencias Experimentales; Magíster en Educación. Integrante del grupo de Investigación Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza —ECCE—.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5159-7917>

E-mail: yirsén.aguilar@udea.edu.co

Referencias bibliográficas

- Adorno, T. (1980). *Mínima Moralia*. París: Payot.
- Asamblea General de la ONU. (1948). *Declaración Universal de los Derechos Humanos* (217 [III] A). París.
- Balibar, E. (2001). "Violence et mondialisation: une politique de la civilité, est-elle possible?". En *Nous, citoyens d'Europe? Les frontières, l'État, le peuple*. París: La Découverte.
- Cabrera, R. (2006). El Péndulo de Foucault de Exactas. *Cable Semanal*, 16(556), 1-4. http://www.fcen.uba.ar/prensa/cable/2004/pdf/Cable_556.pdf.
- Chaux, E., Lleras, J. y Velásquez, A. M. (Comps.) (2004). *Competencias ciudadanas: de los estándares al aula. Una propuesta de integración de las áreas académicas*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional, Universidad de los Andes.
- Ley 1732 de 2014. Por la cual se establece la Cátedra de la Paz en todas las instituciones educativas del país. 1 de septiembre de 2014. D.O. No. 43261. <http://hdl.handle.net/11520/17323>.
- Cortina, A (2003). *Ética, Ciudadanía y Modernidad*. Conferencia Ética, Ciudadanía y Modernidad. Universidad de Valencia, España.
- Darwin, C. R. (1980). *El origen de las especies*. Madrid: Edaf [Publicado originalmente en 1859].
- Daza Mancera, B. C., y Rodríguez Ávila, G. I. (2004). Competencias ciudadanas en ciencias naturales. En E. Chaux, J. Lleras, y A. M. Velásquez (Comps.), *Competencias ciudadanas: de los estándares al aula. Una propuesta de integración de las áreas académicas* (pp. 95-113). Bogotá: Ministerio de Educación Nacional, Universidad de Los Andes.
- Díaz-Moreno, N., y Jiménez-Liso, R. (2014). *Las controversias sociocientíficas como contexto en la enseñanza de las ciencias*. 26 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Almería, Departamento de Educación. https://www.researchgate.net/publication/273000239_Las_controversias_sociocientificas_como_contexto_en_la_ensenanza_de_las_ciencias.
- Elizalde, A. & Donoso, P. (1998). Formación en cultura ciudadana [conferencia]. Primer Seminario Nacional de Formación Artística y Cultural. Bogotá: Ministerio de Cultura. 21 p.
- Fleck, L. (1986). *La génesis y el desarrollo de un hecho científico: Introducción a la teoría del estilo de pensamiento y del colectivo de pensamiento*. Madrid: Alianza Editorial.
- Fernández et al. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 477-488.
- Ferreirós, J., & Ordóñez, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. *Crítica-Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 34(102), 47-86.
- Galilei, G. (2009). *Cartas Copernicanas*. [Publicado originalmente en 1615]. <https://biblioteca.org.ar/libros/153513.pdf>.

- Galilei, G. (2011). Diálogos Sobre los dos Máximos Sistemas del Mundo Ptolemaico y Copernicano. Madrid: Alianza Editorial [originalmente publicado en 1632].
- Gangui, A. (2013). La esfera armilar. *Ciencia En El Aula*, 22(130), 58-61.
- Hacking, I. (1986). *Representar e intervenir*. México: Paidós.
- Hodson, D. (2003). Time for action: science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645-70.
- Ibarra, A. (2009). el universo para que lo descubras. *Revista Cultural Lotería*, (483), 1689-1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Iglesias, M. (2004). El giro hacia la práctica en filosofía de la ciencia: una nueva perspectiva de la actividad experimental. *Opción*, 20(44), 98-119.
- Jorba, J., y Sanmartí N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de evaluación continua. Propuesta didáctica para las áreas de ciencias de la naturaleza y las matemáticas*. Barcelona: Ministerio de Educación y Cultura. <https://www.worldcat.org/title/ensenar-aprender-y-evaluar-un-proceso-de-regulacion-continua-propuestas-didacticas-para-las-areas-de-ciencias-de-la-naturaleza-y-matematicas/oclc/758203052/viewport>.
- Lamarck, J. (1971) *Filosofía Zoológica* (Philosophie Zoologique). Barcelona: Mateu [Publicado originalmente en 1809].
- Latour, B. (1991). Pasteur y Pouchet: Heterogénesis de la historia de las ciencias. En M. Serres (Coord.), *Historia de Las Ciencias* (pp. 477-502). Madrid: Cátedra.
- Latour, B., & Woolgar, S. (1995). *La vida en el laboratorio*. Madrid: Alianza Editorial.
- Leitão, S. (2012). O trabalho com argumentação em ambientes de ensino-aprendizagem: um desafio persistente. *Uni-pluri/versidad*, 12(3), 23-37.
- Martínez, P. C. (2018). Mary Dell-Chilton, científica que abrió el camino a la ingeniería genética vegetal. Mujeres con Ciencia. Tomado de: <https://mujeresconciencia.com/2018/08/28/mary-dell-chilton-cientifica-que-abrio-el-camino-a-la-ingenieria-genetica-vegetal/>.
- Ministerio de Educación Nacional. (2016). *Derechos básicos de aprendizaje. Ciencias Naturales*. Bogotá: Estratégica Comunicaciones LTDA. http://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/DBA_C.Naturales.pdf.
- Ministerio de Educación Nacional (2006), *Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas. Lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden*. Bogotá D.C.
- Moreira, M. (2005). Aprendizaje significativo crítico. *Indivisa*, 6, 83-102. <https://doi.org/ISSN:1579-3141>.
- Musiani, F. (2010). Dalla ricerca all'insegnamento (Il passo é breve). *TECNOSCIENZA. Italian Journal of Science & Technology Studies*, 1(2), 165-184.
- Nussbaum, M. C. (2010). *Sin fines de lucro. Por qué la democracia necesita de las humanidades*. Buenos Aires: Katz Editores.

- Pickering, A. (1995). *The Mangle of Practice. Time, Agency and Science*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Porlán, R. y Martín, J. (2000). *El diario del profesor. Un recurso para la investigación en el aula*. (8va ed.). España.
- Romero, Á., Aguilar, Y. y Mejía, S. (2016). Naturaleza de las ciencias y formación de profesores de física. El caso de la experimentación. *CPU-e, Revista de Investigación Educativa*, 23, 75-98.
- Romero, Á. (2013). Reflexiones acerca de la Naturaleza de las Ciencias como fundamento de propuestas de enseñanza: el caso de la experimentación en la clase de ciencias. En A. Romero, B. Henao, y J. Barros, *La argumentación en la clase de ciencias. Aportes a una educación en ciencias en y para la civilidad fundamentada en reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias* (pp. 71-98). Medellín: Universidad de Antioquia.
- Romo, J. (2005). ¿Hacia Galileo experimentos? *Theoria. Revista De Teoria Historia Y Fundamentos De La Ciencia*, 19(52), 5-23.
- Shapin, S. (1991). Una bomba circunstancial, la tecnología literaria de Boyle. En M. Callon y B. Latour (Edits.); *La scientetelle qu'elle se fait* (Trad. G. Pineda). París: La découverte.
- Shapin, S. & Shcaffer, S. (1985). *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life*. Princeton University Press.
- Stengers, I. (1989). Los Episodios Galileanos. En *Historia de Las Ciencias* (pp. 255-285). Madrid: Cátedra.
- Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana: el uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza.
- Toulmin, S. (2003). Regreso de la razón: El debate entre la racionalidad y la práctica personal en el mundo contemporáneo. En *Replanteamiento del método* (Vol. XVIII, pp. 155-171). Barcelona: Península.
- UNESCO / ICSU (1999). *Consejo Internacional para la Ciencia-Declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico. Conferencia Mundial sobre Ciencia*. Budapest.

**Formar en ciencias y formar en ciudadanía:
Reto de la educación en Ciencias en el Siglo XXI**

Esta obra está dirigida a profesores de ciencias naturales, en formación y en ejercicio, interesados en indagar por las posibles relaciones entre la formación en ciencias y la formación ciudadana. Esperamos que constituya una alternativa de propuestas que, a modo de caja de herramientas, contribuya a la construcción de una visión crítica del conocimiento disciplinar por parte de los profesores de ciencias que les permita comprender la naturaleza histórica y social de la actividad científica, y —simultánea y complementariamente— visibilizar y poner en práctica el ejercicio de la autonomía, la deliberación, la convivencia y la tolerancia.

**Ángel Enrique Romero-Chacón
Yirsén Aguilar Mosquera**



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Educación

ISBN: 978-628-7519-58-9