

# Propuesta de un marco para la secuenciación didáctica de Controversias Socio-Científicas. Estudio con dos actividades alrededor de la genética

Jordi Domènech-Casal<sup>1, 2 a</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Secundaria Marta Estrada (Granollers, Barcelona). <sup>2</sup> Departamento de Didáctica de las Matemáticas y las Ciencias Experimentales, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). España.  
[jdomen44@xtec.cat](mailto:jdomen44@xtec.cat)

[Recibido en octubre de 2015, aceptado en abril de 2017]

Aprender ciencia en contexto implica aprender a transferir modelos a situaciones reales y tomar decisiones. En la enseñanza de las ciencias, este enfoque tiene su exponente en el trabajo con controversias socio-científicas (CSC), una metodología didáctica que se revela compleja en su aplicación y evaluación. Se propone un marco metodológico para estandarizar el trabajo y evaluación de actividades de controversia socio-científica, en el marco de dinámicas de comunicación de distintos tipos (lectura, comunicación oral y escritura). El marco propuesto ofrece distintos andamios didácticos como apoyo para el desarrollo y evaluación de habilidades científicas del alumnado, como el uso de datos, la transferencia de modelos a contextos relevantes, o la argumentación, o el léxico partiendo de un dilema. Se han desarrollado y aplicado dos actividades para testar el marco metodológico. Los resultados indican que el uso del marco propuesto permite promover y evaluar habilidades de razonamiento científico en el marco de las CSC.

**Palabras clave:** Controversias socio-científicas; evaluación; ensayo; andamios lingüísticos; contexto.

## Proposal of a frame for designing didactic activities on Socio-Scientific Issues. Study with two activities on genetics

Learning science in context implies learning to transfer scientific models to real scenarios and make decisions. In science education, this aspect is well represented by science learning activities around controversial socio-scientific issues (SSI), a pedagogical approach that entails implementation and assessment considerations. We propose a methodological frame to standardize activities about socio-scientific controversies in the frame of different communication dynamics (reading, speaking, and writing). The proposed frame contains several scaffolds for learning and assessment scientific skills, such as using data, transferring models to relevant contexts, use of the vocabulary and scientific argumentation in the frame of a dilemma. Two model activities following the proposed frame have been designed. The results indicate that the proposed methodological frame allows to promote and assess scientific thinking skills in the context of learning SSIs.

**Keywords:** Socio-scientific issues; assessment; essay; linguistic scaffolds, context.

**Para citar este artículo:** Domènech-Casal, J. (2017). Propuesta de un marco para la secuenciación didáctica de Controversias Socio-Científicas. Estudio con dos actividades alrededor de la genética. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(3), 601-620. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/19510>

## Introducción

### Competencia Científica y Contexto

Si bien es complejo definir en qué consiste la Competencia Científica, la OCDE propone que ésta se compone de tres dimensiones (OCDE 2013, Garrido y Simarro 2015):

- 1) La dimensión conceptual incluye los conocimientos de ciencia (los hechos, conceptos, teorías y modelos) y saberlos aplicar a la interpretación de fenómenos.

- 2) La dimensión procedimental se ocupa de las prácticas, enfoques, y habilidades de razonamiento científico (toma y análisis de datos, diseño de experimentos, razonamiento inductivo).
- 3) La dimensión epistémica se ocupa de la comprensión del marco lógico y social en que se genera el conocimiento científico.

Los modelos tradicionales basados en la transmisión y reproducción de contenidos no permiten el desarrollo de estas dimensiones. Por ello, los nuevos marcos metodológicos en la enseñanza de las ciencias, como la Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación (ECBI), el aprendizaje integrado de las Ciencias como Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM, en el acrónimo en inglés) o el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), ponen énfasis en la problematización y la ubicación del aprendizaje en conflictos de índole científica. Conflictos que impliquen de forma activa al alumnado y el desarrollo de habilidades de nivel cognitivo alto (planificar, evaluar, crear) (Hodson 1994). En ellas, el alumnado instrumentaliza los contenidos y desarrolla habilidades científicas, como identificar y construir modelos científicos y transferirlos a la interpretación de fenómenos y la resolución de problemas.

En las últimas dos décadas, el concepto de ciudadanía ha evolucionado hacia nuevos paradigmas en los que la ciudadanía ya no se ejerce sólo en la faceta de consumidor/a (o votante), sino también en participación activa en ámbitos sociales y políticos. Esta participación sucede en numerosas ocasiones sin la mediación de los estados o poderes políticos (Turner 1999). Una *ciudadanía expandida* que participa de forma horizontal en la creación de conocimiento (Bondolfi *et al* 2011) y reclama que sus valores personales y sociales participen en las decisiones políticas, también aquellas participadas por la ciencia. Además, el ritmo creciente de conocimiento, y, en particular, del conocimiento científico, implica que los ciudadanos “delegan” conocimiento en empresas, instituciones o expertos (Innerarity 2011). Esto implica que la competencia científica para la ciudadanía (lo que podríamos llamar *Sci-citizenship*) (Domènech-Casal, en edición) esté cambiando. Ésta no puede ya basarse en habilidades de “interpretar fenómenos” o “saber qué es la ciencia” en contextos puramente científicos. Esta competencia científica ampliada para la ciudadanía -*New Sci-citizenship*- (Domènech-Casal, en edición) requiere capacitar al alumnado para tomar decisiones y actuar en contextos de la vida real participados por modelos científicos (Sanmartí, Burgoa, y Nuño 2011; OCDE 2013), pero también por valores personales o sociales. Para ello, se requieren marcos didácticos que:

- Ubiquen los conflictos cognitivos y el desarrollo de las dimensiones de la competencia científica (conceptual, procedural, epistémica) en contextos híbridos en los que la ciencia se halla mezclada con otros conocimientos o valores.
- Propongan Contextos conflictivos que permitan el desarrollo de habilidades clave para la toma de decisiones como la argumentación, el uso de pruebas, la modelización y la justificación (Jiménez-Aleixandre 2010; Solbes, Ruiz y Furió 2010; Caamaño 2011; Díaz y Jiménez-Liso 2012).

### **Las controversias Socio-Científicas, un espacio didáctico candidato**

Sadler (2004) define las controversias socio-científicas (CSC en adelante) como cuestiones o dilemas socialmente relevantes con vínculos conceptuales con la ciencia y que tienen una respuesta abierta y compleja. Esta respuesta tendrá componentes no científicas, como factores económicos, políticos y éticos. Las componentes científicas y las no científicas establecen relaciones complejas entre ellas y con el individuo (Kolstø 2001; Jiménez-Aleixandre 2010; Sadler 2011).

Varios autores han propuesto las CSC como espacios candidatos para el trabajo de las ciencias (Sadler 2011; Kolstø 2001; España y Prieto 2010; Díaz y Jiménez-Liso 2012; Solbes 2013), remarcando su utilidad en varios aspectos:

- 1) Como contexto para aprender ciencias y sus bases epistémicas: Las CSC ubican el léxico específico en situaciones de conflicto cognitivo que promueve un aprendizaje más profundo y ofrecen una visión más compleja y real de la naturaleza de la ciencia (Sadler 2009a, 2011). Habitúan al alumnado a tratar con conceptos científicos nuevos, no sistematizados y en su estado “salvaje”, preparándolos para aprender ciencias a lo largo de la vida (Díaz y Jiménez-Liso 2012).
- 2) Para aprender a analizar críticamente, argumentar, razonar y tomar decisiones: Implican el trabajo con estrategias de lectura crítica, uso de pruebas, argumentación y toma de decisiones (Sadler 2009b). Este conjunto de estrategias atiende a los retos que implica la *New Citizenship*, en los que el ciudadano debe estar capacitado para participar en decisiones con impacto global en la sociedad y actuar como ciudadano en contextos participados por la ciencia (Sadler, Barab y Scott 2007).
- 3) para la formación en aspectos morales y éticos y la formación en ciudadanía: Permiten hacer confluir factores no sólo científicos, sino también sociales o éticos, alrededor de un dilema, contextualizando el conocimiento científico (Jiménez-Aleixandre 2010) y preparan al alumnado para tomar decisiones como sociedad ante problemas complejos participados por modelos científicos. Promueven el posicionamiento personal instrumentalizando los modelos científicos implicados en un conflicto (España y Prieto 2009-2010; Sadler 2009a; García y Martínez 2010; Solbes 2013). Esta vía formativa recibe el nombre de Investigación e Innovación Responsable (RRI en sus siglas en inglés) (Domènech-Casal y Lope 2015).

### **La dificultades en el trabajo con CSC en el aula**

A pesar de esa necesidad de conectar los modelos científicos con contextos socialmente relevantes, de las menciones expresas del currículum y de su inclusión en las pruebas PISA y la existencia de un amplio cuerpo de conocimiento y buenas prácticas CSC (e.g. Díaz y Jiménez-Liso 2012; Evagorou, Jiménez-Aleixandre y Osborne 2012; Domènech *et al* 2015; Domènech y Márquez 2015), éstas son poco usadas en las aulas de secundaria. De forma general, perviven de manera general las prácticas reproductivas que priorizan el contenido científico y en las que el contexto no juega un papel relevante (Gilbert 2006; Sadler 2011), debido a dificultades que afectan al profesorado y el alumnado.

El profesorado suele encontrar dificultades tanto en el diseño de actividades como en la adecuada y efectiva aplicación de los diseños. En relación con la aplicación, las dificultades se centran en los siguientes ámbitos (Evagorou, Guven, y Mugaloglu 2014): a) en relacionarlas con el currículum, b) en estrategias de aula para su implementación efectiva (por ejemplo, la realización de debates) y, c) en la evaluación de las actividades CSC.

En lo referente al diseño de actividades CSC, el profesorado halla dificultades en la elaboración o propuesta de dilemas que estimulen el debate y permitan la inclusión de los contenidos científicos en un contexto relevante (McNeill y Knight 2013).

En lo que respecta al alumnado, varios autores advierten que los alumnos encuentran dificultades en evaluar los distintos aspectos y tipos de informaciones asociados a una CSC (Sadler y Zeidler 2009) y conciliar esta visión constructivista de la ciencia con valores sociales o concepciones epistemológicas sobre la ciencia (Ryder 2002; Sadler 2004; Sadler, Chambers y Zeidler 2004). Añadidas a estas dificultades, se suman las que suelen encontrar los alumnos

para elaborar argumentaciones orales o escritas o participar de forma productiva en debates (Solbes, Ruiz y Furió 2010), formatos clave en el trabajo con CSC.

Como apoyo al desarrollo del léxico en el marco de la argumentación de un dilema, otros autores han propuesto el marco *Word Generation* (Lawrence, White y Snow 2010; Snow, Lawrence y White 2009).

Este marco (WG en adelante) es una secuencia marco estandarizada para la enseñanza de léxico testada con éxito en escuelas del área de Boston, EEUU. Las secuencias WG son secuencias de trabajo con dilemas, de una semana de duración, que giran alrededor de cinco términos de léxico vinculados con el dilema. Estas secuencias se estructuran en cuatro etapas: 1) Propuesta del dilema 2) construcción de significados del léxico a partir de la lectura colaborativa de textos de fuentes diversas 3) debate sobre el dilema, 4) escritura individual de un ensayo posicionándose personalmente ante el dilema. Así mismo, otros autores proponen que el trabajo con andamios lingüísticos permite apoyar el desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas por el alumnado (justificar, argumentar, etc.) (Sanmartí 2003).

**Con el objetivo de facilitar la implementación del trabajo con CSC en el aula y atender a las dificultades arriba mencionadas**, nos hemos propuesto los siguientes objetivos:

- Desarrollar un marco didáctico polivalente que facilite al profesorado y alumnado el trabajo con CSC en el aula en relación a las dificultades mencionadas: del profesorado (evaluación de actividades CSC, diseño de dilemas) y del alumnado (evaluar informaciones, producción de argumentaciones orales y escritas).
- Testar la utilidad de los recursos creados mediante el desarrollo y aplicación de actividades concretas siguiendo el marco propuesto.
- Proponer un sistema de evaluación de producciones escritas sobre CSC que permita la evaluación paralela de aspectos lingüísticos y científicos.

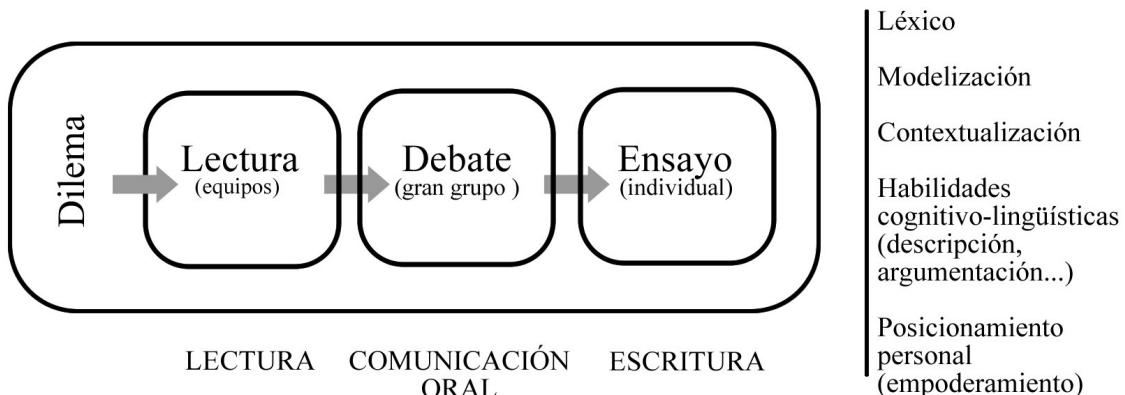
## Diseño de la secuencia

En otros tipos de actividades/metodologías, la estandarización y definición de un marco didáctico de estrategias didácticas y de evaluación ha sido un punto clave para su difusión y aplicación. Éste es el caso, por ejemplo, de las *WebQuest*, actividades que han experimentado un gran desarrollo desde su estandarización, especialmente en las Ciencias Sociales (Fierro 2005).

En vistas a proponer una secuencia estandarizada se partió de la estructura originalmente propuesta para las dinámicas WG (Lawrence, White y Snow 2010, 2011) para generar un marco didáctico estructurado en cuatro etapas: presentación del dilema, lectura, debate y escritura de un ensayo, apoyadas en andamios lingüísticos. A diferencia de la propuesta WG original, la propuesta desarrollada (*CSCFrame* en adelante) se desarrolla en el marco de una sola asignatura y durante dos semanas e incorpora como objetivos explícitos el desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas (describir, argumentar) y el formato comunicativo de ensayo. Después de una introducción teórica a la temática y compartir los objetivos de la actividad con los estudiantes (Figura 1, derecha), las actividades se iniciaron siguiendo la secuencia propuesta en la Figura 1:

- Presentación de una situación-dilema.
- Lectura de textos relacionados. Los estudiantes leen colaborativamente por equipos, de modo que cada estudiante lee un texto y lo presenta a sus compañeros/as.

- En gran grupo, se consensua el significado de los términos de léxico y se incluyen términos nuevos si se considera necesario.
- Debate en gran grupo sobre el dilema, en el que se anima a los estudiantes a centrarse en recoger argumentos distintos, no en ganar el debate.
- Escritura de un ensayo individual de 400 palabras.
- Evaluación del ensayo: en primer lugar, cada estudiante recibe correcciones de sus compañeros/as para su mejora que aplica la elaboración de la versión definitiva corregida por el profesor.



**Figura 1.** La propuesta resultante incorpora tres tipos de comunicación en tres organizaciones sociales de aula, alrededor de un dilema y propone cinco objetivos de aprendizaje vinculados a la formación científica de los alumnos.

Siguiendo esta estructura, se han desarrollado dos actividades-modelo ajustadas a ese marco y vinculadas al currículum de la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO: el determinismo genético y los transgénicos, que implican modelos científicos clave para la alfabetización científica (Kampourakis *et al* 2014), como la expresión de los genes o enfermedades genéticas.

Ambas actividades han sido aplicadas secuencialmente (primer trimestre y segundo trimestre) con 36 estudiantes durante el curso 2014-2015. A continuación describimos los pasos seguidos en el diseño de las dos actividades y presentamos la metodología de recogida de datos en su aplicación, resultados y conclusiones. Todos los materiales creados están disponibles en la página web *CSCFrame* creada al efecto<sup>1</sup>.

## 1. La construcción de los dilemas

Se ha optado por proponer al alumnado dilemas ficticios inspirados en situaciones reales o hipotéticas, de modo que:

- Resultaran contextos participados (pero no protagonizados exclusivamente) por modelos científicos.
- Tuvieran una respuesta abierta y admitieran distintas posturas.
- Implicaran al mismo tiempo la valoración de aspectos sociales y científicos.

Los dilemas, construidos por el profesor, se resumen en la Tabla 1. Para construirlos, se ha seguido el siguiente proceso: 1) partimos de una pregunta abstracta de contenido científico y que no genera controversia; 2) se ha contextualizado añadiendo un balance: una cuestión de

<sup>1</sup> Web CSCFrame <https://sites.google.com/site/cscframe/home>

ámbito social que actúa de contrapeso a la respuesta que podría parecer inicialmente obvia<sup>2</sup>. 3) Los dilemas resultantes están formados por una pregunta principal. 4) se formulan preguntas secundarias que se usan durante el debate para contextualizar y dinamizar. Esta secuencia de formulación de los dilemas, se propone como apoyo para que el profesorado pueda formular sus propios dilemas (una de las dificultades citadas en la introducción).

La introducción del punto 2 permite erigir un “contrapeso” para ubicar el tema en un contexto de conflicto entre modelos científicos, valores y valoración de riesgos.

**Tabla 1.** Preguntas usadas para construir el dilema (1 y 2), dilema (3) y preguntas secundarias que se aportan a lo largo del debate como herramienta para alimentar la discusión (4).

	Determinismo genético	Transgénicos
1)	¿Es lícito discriminar a partir de datos genéticos?	¿Es aceptable perder el cultivo de especies tradicionales?
2)	Disponer de información puede evitar problemas, como la violencia policial.	Son necesarios medicamentos que pueden obtenerse mediante el cultivo con transgénicos.
3)	¿Deberían hacerse a los aspirantes a policía pruebas para detectar marcadores genéticos para la violencia?	¿Autorizamos una plantación de maíz transgénico de uso médico eliminando el cultivo de una haba tradicional?
4)	¿Deberían pasar también este test los profesores? ¿Y los que quieren ser padres? Una persona excluida en las pruebas, ¿podría después alegar como atenuante en crímenes con violencia su propensión a la violencia?	¿Y si eso proporciona lugares de trabajo a los habitantes? ¿Y si entre los habitantes hay varios enfermos que podrían tratarse con el medicamento?

## 2. La elección de los textos

Por lo que respecta a las lecturas, se han escogido textos con los siguientes criterios:

- Una extensión asumible con 20 minutos de lectura por texto.
- Presencia implícita o explícita de uno o más de los términos de léxico.
- Incorporar diversidad de géneros lingüísticos y tipologías textuales del mundo real (no escolar) y distintas legitimaciones o fiabilidades en razón de autores, institución, etc.
- Incorporar distintas perspectivas e intereses sobre un mismo tema.

En la propuesta de trabajo sobre los transgénicos se incidió en incluir formatos de texto muy diversos. En la de determinismo genético, se incidió en promover posturas muy contrapuestas e incluyendo matices religiosos.

<sup>2</sup> En este sentido, es eficaz incorporar aspectos sociales relacionados con dicotomías en las que los adolescentes se sienten involucrados: el conflicto entre el individuo y el colectivo, la libertad y la igualdad, la justicia, la identidad, etc.

**Tabla 2.** Conjunto de lecturas propuestas. Todos los textos están disponibles para su descarga en los enunciados de las actividades<sup>3</sup>.

<b>TRANSGÉNICOS</b>	
<i>¿Qué sabes de los transgénicos?</i>	<b>Infografía</b> , Greenpeace.
<i>No echemos la culpa a los transgénicos de problemas que afectan a la agricultura en general.</i>	<b>Entrevista</b> a J.M. Mulet, investigador en bioquímica y divulgador científico, en web especializada.
<i>Carta sobre els medicaments transgènics.</i>	<b>Carta</b> de la Asociación Catalana de Hemofílicos a los autores del informe “Cómo ve la sociedad los transgénicos?” del Consell Catalá de la Comunicació Científica.
<i>El futur de l'agricultura passa pels cultius transgènics?</i>	<b>Ensayo</b> de debate entre académicos. <i>Revista Eines</i> .
<i>Elelyso.</i>	<b>Prospecto farmacéutico</b> (adaptado) de un medicamento obtenido mediante transgénicos.
<b>DETERMINISMO GENÉTICO</b>	
<i>Bebés a la carta. Frente a la nueva Eugenesia.</i>	<b>Artículo académico</b> , Revista Vida y Ética (Universidad Católica Argentina).
<i>Ingeniería genética humana.</i>	<b>Artículo de enciclopedia</b> . Wikipedia.
<i>GB planea ser el primer país del mundo con “bebés a la carta”.</i>	<b>Artículo de periódico</b> . La Jornada, Universidad Nacional Autónoma de México.
<i>¿Marcados por los genes?</i>	<b>Artículo de divulgación y actualidad</b> . El País

### 3.- El léxico y el *anti-léxico*.

Partiendo de los textos y el dilema, se ha definido el léxico que define conceptos o modelos clave y posibles concepciones erróneas. Para ello, se ha tenido en cuenta no sólo el léxico específico, sino también su *anti-léxico*.

Proponemos el término ***anti-léxico*** para designar las expresiones coloquiales, paráfrasis o analogías que los estudiantes usan intuitivamente o como aproximación, con las que substituyen –y eliminan– el léxico, incorporando con ello concepciones erróneas. El prefijo *anti* se elige porque su uso elimina el uso del léxico. Cada término de ***anti-léxico*** suele contener una concepción errónea o una simplificación ilegítima. En el ámbito de la genética, el ambiente no son sólo *las cosas que te pasan*, sino que tiene implicaciones más amplias, desde el desarrollo embrionario hasta la dieta. El fenotipo no es *lo que se ve desde fuera*, ya que tiene varios niveles de observación bioquímicos, morfológicos, etc. en función del carácter. Del mismo modo, definir el transgénico como *algo que tiene un gen dentro* evidencia la concepción errónea de que los genes insertados son esencialmente distintos a los que las especies receptoras ya tienen. Como ejemplos construidos en la aplicación de las secuencias elaboradas, ofrecemos las correspondencias en la Tabla 3.

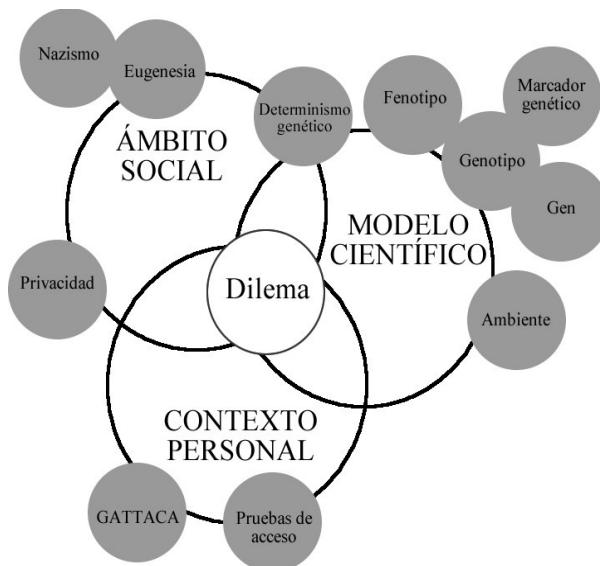
El léxico puede agruparse en tres ámbitos, en función del papel que ocupan en el dilema. Además del vinculado al modelo científico y el ámbito social, una parte del léxico implicado en el trabajo con CSC apela a contextos personales y emocionales, como muestra la Figura 2. En este aspecto, participa un léxico personal que es importante hacer *emergir*, y hemos llamado para-léxico. En el ejemplo de la figura, *Pruebas de acceso* es un término de para-léxico importante para una alumna que en una conversación informal ha manifestado que tiene pensado presentarse a las pruebas de acceso como policía municipal de su pueblo.

<sup>3</sup> Enunciados de las actividades disponibles en la web *CSCFrame* <https://sites.google.com/site/cscframe/guia-didactica>

**Tabla 3.** Se recogen inicialmente los términos de léxico que deberán formar parte del trabajo de cada modelo científico y los posibles términos de anti-léxico.

	Léxico	Anti-léxico
Modelo: Genotipo, fenotipo y determinismo genético.	Genotipo Gen Fenotipo Ambiente Determinismo Marcador genético Eugenésia	<i>Los genes que tenemos.</i> <i>El ADN.</i> <i>Cómo somos en realidad.</i> <i>Las cosas que te pasan.</i> <i>Que si lo tienes, lo eres.</i> <i>Lo que dice si tendrás una enfermedad.</i> <i>Cuando se mata a los enfermos.</i>
Modelo: Transgénesis y sostenibilidad agrícola.	Transgénico Cisgénico OMG Agricultura ecológica Agricultura industrial Especie endémica	<i>Que tiene un gen dentro.</i> <i>Que es un híbrido.</i> <i>Alimento peligroso.</i> <i>Agricultura sana.</i> <i>Agricultura con conservantes.</i> <i>Que siempre ha estado allí.</i>

Aunque es imposible prever el para-léxico, lo hemos incluido en el esquema, ya que es importante ser conscientes de que actúa y determina el vínculo con el dilema, incluso desde un punto de vista emotivo. Todo este trabajo de análisis del léxico debe ser realizado previamente por el profesor en la preparación de la actividad, que debe luego acompañar al alumnado en la “extracción” de ese léxico de los textos de lectura.



**Figura 2.-** Los distintos ámbitos que configuran el dilema aportan cada una su propio léxico específico.

#### 4.- Los andamios didácticos

Como andamios didácticos entendemos los apoyos temporales que se ofrecen a los alumnos para que aprendan a desarrollar procesos complejos. En este apartado, nos centramos en los andamios polivalentes (aplicables a distintas actividades con CSC) desarrollados, de carácter lingüístico u organizativo.

Los distintos andamios propuestos<sup>4</sup> pretenden atender a las necesidades expuestas en la introducción en lo relativo a ayudar al alumnado a estructurar argumentaciones (Debate y Ensayo) y evaluar los distintos aspectos y tipos de informaciones asociados a una CSC (Lectura). En concreto, el Andamio *Text-Test* pretende facilitar la lectura crítica y se ha elaborado partiendo de propuestas previas y vías de trabajo de otros autores (Prat, Márquez y Marbà 2008; Marbà, Márquez y Sanmartí 2009). *Text-Test* pide al alumnado clasificar las informaciones (literales o inferidas) respecto a: 1) Las ideas que defiende 2) El rol del hablante

<sup>4</sup> Andamios disponibles en la web del marco CSCFrame: <https://sites.google.com/site/cscframe/>

3) Los datos en que se basan las ideas 4) Los modelos científicos que implica 5) El léxico clave.

**Tabla 4.** Listado de los andamios diseñados para este marco didáctico.

LECTURA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Andamio <i>Text/Test</i> para la lectura crítica.</li> </ul>
DEBATE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se invita al alumnado a tomar nota de los argumentos de sus compañeros/as.</li> <li>Se mantiene visible en todo momento una lista con los términos del léxico.</li> <li>El profesor/a corrige el uso inadecuado de términos de léxico o su substitución por <i>anti-léxico</i>.</li> </ul>
ENSAYO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Base de orientación para la elaboración de ensayos y plantilla sobre la estructura de un ensayo científico (datos, argumentos, contra-argumentos y conclusión).</li> <li>Dos ejemplos de ensayos similares sobre otros temas.</li> <li>Plantilla de evaluación entre iguales.</li> <li>Rúbrica <i>McLeares</i> de evaluación del ensayo.</li> </ul>

Así mismo, ofrecen un marco práctico para atender las dificultades del profesorado en relación a la evaluación de las actividades CSC. En este sentido la rúbrica *McLeares* (Figura 3), desarrollada *ad hoc* para este marco didáctico, no sólo es usada para la auto-evaluación del alumnado sino también para la calificación de los ensayos. La rúbrica tiene por objetivo “cientifizar” el trabajo con ensayos y su evaluación, ya que a menudo éstos suelen valorarse desde un punto de vista estrictamente lógico (argumentación) o lingüístico (estructura, léxico), obviando los aspectos estrictamente científicos, como el uso de datos (Contexto) y modelos científicos en su interpretación (Modelo). Para la elaboración del ensayo, se proponen además andamios con distintos niveles de abstracción (Base de orientación, plantilla, ejemplos). Los distintos niveles de abstracción pretenden atender a lo observado en anteriores experiencias, en las que se comprobó que los alumnos preferían andamios con distintos grados de abstracción en función de su nivel académico (Domènech-Casal 2013).

**Tabla 5.** Rúbrica *Mc Leares* (Modelo, Contextualización, Léxico-Argumentación-Estructura) para evaluar y calificar ensayos científicos ( /10), uno de los andamios didácticos para el trabajo y evaluación de producciones en actividades con CSC.

Dimensiones de análisis	2	1	0
<b>Léxico</b>	Se usan los 4-5 términos clave del léxico específico del tema, de modo pertinente y haciendo que ayuden a una mejor comprensión del ensayo. Clarifica el vocabulario específico parafraseándolo o estableciendo relaciones entre distintos términos.	Se usan 2-3 términos de léxico específico de modo pertinente. No incluye más términos, o los incluye de modo que no queda claro qué relación tienen entre sí y con el tema.	Se usan como mucho uno de los términos del léxico específico de forma pertinente. No se incluyen más, o bien se incluyen como listas de definiciones que no forman parte realmente del texto.
<b>Modelo</b>	El modelo científico que sirve para interpretar las evidencias está expresado explícitamente y bien relacionado con el dilema y se usa para analizarlo.	Se cita el modelo científico (de modo directo o indirecto), pero no se usa en la argumentación, que se centra principalmente en consideraciones ajenas al funcionamiento del modelo científico.	No se cita el modelo científico implicado en el dilema de ningún modo.

**Tabla 5.** Continuación.

Dimensiones de análisis	2	1	0
<b>Contextualización</b>	Se aportan datos (numéricos, estadísticos,...) y como mínimo dos ejemplos de situaciones concretas y reales que sirvan para ilustrar el dilema o su importancia.	Se aporta algún ejemplo para clarificar alguna idea. Se proponen situaciones (reales o hipotéticas) que sirven para ilustrar el dilema o su importancia.	No se aportan ejemplos ni datos externos al dilema. La argumentación se basa en argumentos de terceros.
<b>Argumentación</b>	Se usan los conectores gramaticales adecuados (ya que, por lo tanto, etc.) y los argumentos son coherentes entre sí. Se anticipa a posibles contra-argumentos y los neutraliza. Usa énfasis (preguntas, interpelaciones) y puntuación como refuerzo.	Se usa algún conector, pero prevalece la descripción. Alguno de los argumentos que se propone es poco coherente con el resto, o desatiende los contra-argumentos. No se usan énfasis.	Se trata básicamente de una descripción y no parece que quiera convencer a nadie. No usa conectores adecuados.
<b>Estructura formal y cohesión.</b>	La estructura formal es correcta (Título, Subtítulo, Datos, Argumentación, Contra-Argumentación y Conclusiones) y cada sección cumple con su función en el discurso. No hay contradicciones internas.	La estructura general es correcta, pero alguna sección contiene tipos de informaciones o razonamientos que deberían estar en otra, o no cumplen completamente con su función en el discurso. Se identifica la estructura del texto, pero las transiciones entre secciones son demasiado bruscas.	El texto es desordenado y sin hilo conductor. No parece que avance en el desarrollo de una idea y se hace difícil identificar las partes del ensayo. Hay contradicciones internas.

## Aplicación de las actividades y recogida de datos

Las dos actividades creadas (una sobre Determinismo genético y otra sobre Transgénicos) están disponibles *on line* y se aplicaron, respectivamente, en el primer y segundo trimestre del curso 2014-2015. Las actividades se aplicaron con 36 alumnos de la materia de Biología y Geología del curso 4º de ESO (dos grupos de 18 alumnos), en un instituto de una población de nivel socioeconómico medio-alto. En ambos casos se siguió el marco metodológico propuesto (Dilema-Lectura-Debate-Ensaya) y los andamios de apoyo, y los alumnos dispusieron de tiempo tanto en el aula como en casa para elaborar sus ensayos. Durante los debates, el profesor intervino en algunos casos el profesor con nuevas preguntas destinadas a promover la discusión.

### Recogida de datos

A lo largo de la aplicación de las dos actividades, se observó en el aula el desarrollo de las lecturas y de los debates, realizando anotaciones esporádicas (comentarios espontáneos de alumnos, dudas que suscitaban las propuestas didácticas, etc.). Al final de cada una de las dos actividades, cada alumno presentó un ensayo, que fue evaluado mediante la rúbrica *McLeares*, evaluando por separado cada una de las cinco dimensiones que acoge la rúbrica.

Los estudiantes llenaron una encuesta en relación a las distintas herramientas y dinámicas de la secuencia. En la encuesta, los alumnos debían determinar su apoyo a distintas frases

mediante un índice numérico cuantitativo: 1 (completamente en desacuerdo)- 6 (completamente de acuerdo). Los datos se han compactado posteriormente para su análisis como *En desacuerdo* (1-3) y *De acuerdo* (4-6).

### Análisis de los datos

Se compararon los resultados obtenidos por los alumnos por cada una de las dimensiones de la Rúbrica *McLeares* en el primer y el segundo ensayo. Además, el conjunto de datos (calificaciones de los dos ensayos y encuesta) se valoraron juntamente con las calificaciones académicas del alumnado en busca de asociaciones. Para establecer un valor para las calificaciones académicas de cada estudiante, se recuperaron las calificaciones académicas de la primera y segunda evaluación de *Lengua Catalana* y *Lengua Castellana* por un lado, y de *Biología y Geología* y *Física y Química* por el otro, para obtener una media de la calificación de cada estudiante en lenguas y otra en ciencias experimentales. Se usó el programa Calc para calcular la correlación lineal, exponencial y logarítmica entre las calificaciones académicas de lenguas y ciencias con las medias de las calificaciones obtenidas por cada alumno en las distintas dimensiones de la rúbrica *McLeares*. En particular, intentando detectar si los alumnos con buenas calificaciones en ciencias obtienen mejores calificaciones en las dimensiones de análisis más exclusivamente “científicas”: *Modelo* y *Contexto*. Los datos completos se disponen para 31 de los 36 alumnos participantes, pues en 5 de ellos faltan datos (ensayos no presentados, notas no disponibles, encuestas no llenadas), por lo que han sido excluidos de algunos de los análisis de correlación.

## Resultados

### Desarrollo y aplicación del marco polivalente CSCFrame

Los pasos propuestos en el diseño de la secuencia (formulación del dilema, elección de los textos, identificación del léxico) han sido aplicados y resultado útiles para la propuesta de las dos actividades aplicadas. En especial, la estrategia de formular una pregunta científica y balancearla con una cuestión social. En la aplicación de las actividades, los comentarios espontáneos de los alumnos han valorado muy positivamente la actividad, especialmente en lo referido a sus etapas de debate y ensayo. Además de los andamios propuestos, tanto en la lectura como en el debate, han sido aplicadas varias estrategias de soporte que se han relevado útiles. En la lectura, el profesor ha acompañado el proceso, en especial en lo referente a la selección de los términos de léxico, y la relación de los textos con el dilema. Esto se ha hecho en varias ocasiones modelizando la lectura, construyendo en voz alta reflexiones para ejemplificar al alumnado el tipo de proceso que se le pedía.

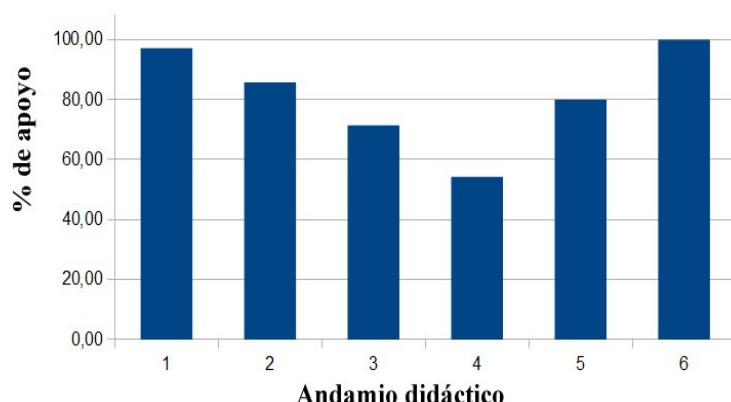
En la aplicación del andamio *TextTestWG*, los alumnos han valorado positivamente la utilidad del andamio (como una manera estructurada de “tomar notas”) si bien les ha resultado algo tedioso rellenar las informaciones para cada texto, por lo que se propone pedir al alumno que se haga las preguntas propuestas en el andamio, aunque no lo rellene.

En el debate, el profesor ha participado proponiendo preguntas secundarias que han permitido re-contextualizar el dilema y dinamizar el debate, provocando algunos cambios en el posicionamiento de los alumnos durante el debate. En el marco del debate han aparecido varios términos de *anti-léxico*, algunos de los cuales se recogen en la Tabla 3, pero no han aparecido términos de *para-léxico* (la referencia mencionada en la sección sobre el léxico del diseño de la actividad apareció en una conversación informal posterior).

De los distintos andamios propuestos, los alumnos valoran mayoritariamente (Figura 4) la rúbrica *McLeares*, la corrección del profesor y la base de orientación y plantilla con iniciadores. Los ejemplos de ensayos y leer o evaluar los ensayos de otros alumnos no han recibido tanto apoyo, creemos que posiblemente porque esas intervenciones necesitan de una modelización más clara por parte del profesor. En experiencias anteriores con exposiciones orales, algunos resultados indicaron que los alumnos con mejores calificaciones preferían usar andamios didácticos más abstractos mientras que los alumnos con calificaciones más bajas preferían andamios didácticos más concretos (Domènech-Casal 2013). Hemos hecho el análisis de correlación entre la valoración que hacen los alumnos de los distintos andamios (plantilla, ejemplos, rúbrica) y la media conjunta de sus calificaciones (ciencias + lenguas) y no hemos hallado asociación entre una cosa y la otra, resultando siempre en correlaciones muy bajas (0,0005) (ya fuera correlación lineal, exponencial o logarítmica), de modo que no se detectan esos efectos de preferencias por andamios más o menos abstractos en función del nivel académico.



**Figura 3.** El debate y la reorganización de los espacios que provoca crean un espacio de comunicación en el aula en el que los alumnos aprenden a escuchar argumentos y analizarlos desde perspectivas científicas y sociales, movilizando el léxico específico.



**Figura 4.** Se representa el porcentaje de alumnos que considera que les han sido útiles los siguientes andamios o dinámicas: 1) La base de orientación y la plantilla con iniciadores 2) Los ejemplos de ensayos 3) Leer ensayos de otros compañeros 4) Evaluar ensayos de otros compañeros 5) Que otros compañeros evaluaran mi ensayo 6) La rúbrica *Mc Leares* 7) Tener la corrección del profesor del primer ensayo para hacer el segundo.

Los alumnos en general consideran que su dominio del léxico / y los modelos científicos (68% / 62% de apoyo) mejoran cuando deben usarlo para argumentar. Es importante destacar que el debate ha permitido identificar varios términos de *anti-léxico* (algunos recogidos en la Tabla 3) y que éstos han aparecido en muy pocas ocasiones en los ensayos del alumnado, lo que indica que la estrategia de hacer emerger el *anti-léxico* en el debate oral y corregir su uso antes de la escritura del ensayo es una estrategia eficaz.

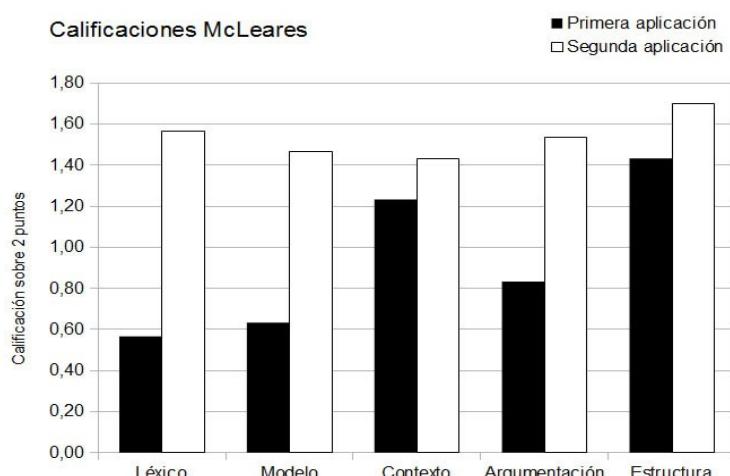
Los textos y situaciones propuestos han ayudado al alumnado a aprender el léxico (70%) y a formarse / argumentar una opinión (74% / 77% de apoyo), si bien sólo un 20% manifiesta haber cambiado de opinión a lo largo de la secuencia. Los alumnos afirman haber hablado del dilema fuera de clase con otros compañeros / o familia y amigos (50% / 71% de apoyo) y haberse planteado por si mismos otros dilemas relacionados (50%), y un 85% se considera preparado para defender una opinión y tomar decisiones en temas científicos en general.

### **Aplicación del sistema de evaluación mediante la Rúbrica McLeares. Observaciones sobre errores en las argumentaciones.**

Por lo que respecta a los resultados en los ensayos, éstos se han evaluado de acuerdo con la rúbrica *McLeares* creada a propósito, que adjudica 2 puntos de forma separada a cada una de las dimensiones, permitiendo ver la evolución separada de las distintas dimensiones entre la primera aplicación y la segunda.

Los resultados medios en el primer ensayo fueron bastante bajos, teniendo en cuenta que una calificación de 1/2 se corresponde en todas las dimensiones con un nivel bastante inicial de progreso (ver rúbrica). En el segundo ensayo, se aprecia una mejora generalizada en todas las dimensiones, pero de manera muy especial en el uso correcto del Léxico, el uso del Modelo científico en la Argumentación y la calidad lingüística de la argumentación. La Contextualización (el uso de datos) y la Estructura formal del ensayo también experimentan mejoras, pero más leves.

Aunque se detecta un nivel alto en la dimensión de Contexto inicial, cabe decir que en el primer ensayo esta dimensión permitía también la inclusión de hechos ilustradores del dilema escenas de la película GATTACA visionada en el aula, por lo que la calificación de esta dimensión en el primer ensayo puede estar distorsionada al alza.



**Figura 5.-**Evolución de la media de las calificaciones obtenidas por el alumnado en los distintos aspectos de la escritura de ensayos entre la primera aplicación de la actividad. Cada uno de los ítems de la rúbrica *Mc Leares* es puntuado sobre 2 puntos.

De modo general, las dimensiones con mejores calificaciones finales son el Léxico y la Estructura, que contienen una componente más formal. La mejora en el uso y dominio del léxico es, precisamente, el objetivo principal de la estructura *Word Generation* en la que se inspira nuestra propuesta (Lawrence, White y Snow 2010). Los ítems Modelo, Contexto y Argumentación, más asociados a las habilidades científicas, y, en particular, el Contexto, son los que más dificultades presentan a los alumnos.

Entre los errores de la dimensión Contexto más frecuentes y que han suscitado más reflexión posterior hay el uso de opiniones de expertos como si fueran hechos y datos (Tabla 6): en lugar de citar hechos concretos, algunos alumnos justifican su postura en base a lo que dicen u opinan personajes de los textos que han leído, asumiendo erróneamente que eso son datos. Este es un elemento de lectura crítica que hemos comentado con los alumnos después de la evaluación de los ensayos, ofreciendo ejemplos de frases que sí contendrían datos. Así mismo, por lo que respecta a la dimensión Modelo, algunos alumnos argumentan sólo en base a posiciones políticas o sociales, sin apelar a un análisis del dilema desde la perspectiva del modelo científico que participa. También en este caso, como puede verse en la tabla a continuación, se han propuesto a los alumnos frases para evidenciar la distinción. Se muestran ejemplos en que (Tabla 6,a) un alumno aporta la opinión de un experto como “Dato”. Para tratar ese tipo de error con el alumnado se le han mostrado otro tipo de informaciones que sí constituirían un dato. Así mismo (Tabla 6,b) una alumna construye una argumentación obviando el modelo científico, centrando la discusión en aspectos legales o éticos. Para tratar ese tipo de error, se proponen aspectos científicos del dilema.

**Tabla 6.** Se muestran (cursiva) fragmentos de ensayos del alumnado junto con frases-ejemplo que se han mostrado para corregirlos.

**a) Uso de opiniones como datos**

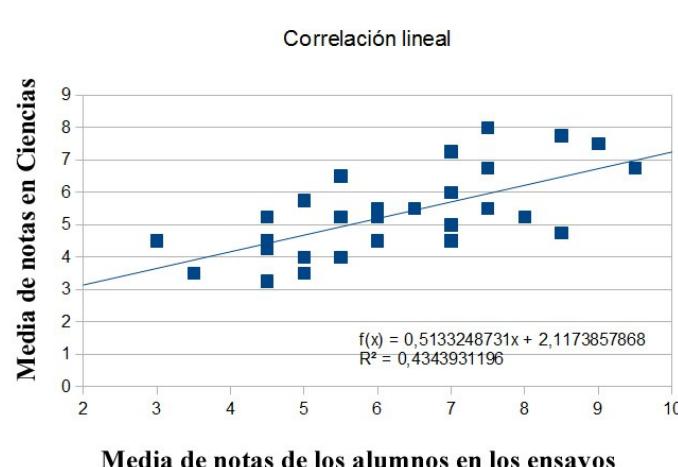
*Según Miquel Vallmitjana, doctor en Biotecnología de la UAB, la hibridación de las nuevas especies transgénicas con las variedades convencionales genera riesgos difíciles de asumir, y la agricultura ecológica se ve amenazada por la coexistencia con los transgénicos.*

- Los últimos 10 años se han producido en el continente americano 2 casos de contaminación genética por hibridación, con plantas de maíz y tomate.
- En Perú, el cultivo de variedades propias de la zona ha disminuido un 26% en favor del cultivo de transgénicos.

**b) Argumentaciones que obvian el modelo científico**

*La incorporación de pruebas de marcadores genéticos no tendría resultados en la seguridad de la población, porque aunque seas policía, eso no te da derecho a matar a nadie, excepto en defensa propia.*

- Los marcadores genéticos sólo son asociación: puedes no tener el marcador y tener igualmente tendencia a la violencia.
- La influencia de aspectos genéticos en la neurología y el comportamiento es todavía poco conocida y sólo hay asociaciones débiles en determinadas enfermedades mentales.



**Figura 6.** Comparación de la media de notas de los alumnos en los ensayos con la media de sus notas en de ciencias experimentales (Biología y geología + Física y química) de los dos primeros trimestres del curso.

Uno de los objetivos de incluir los ítems de Contexto, Modelo y Léxico es la necesidad citada en la introducción de incorporar en la evaluación de actividades de escritura científica ítems específicos para valorar las habilidades científicas del alumnado. Al comparar las notas medias de los ensayos de cada alumno con su nota media de materias científicas se obtiene una correlación lineal de 0,43. Este valor es superior a la correlación que se obtiene al realizar la misma comparativa con las notas de lengua de los mismos alumnos (0,33). Al usar otros tipos de

correlación (exponencial, logarítmica) se obtienen diferencias similares. Esto parece sugerir que la evaluación de los ensayos científicos tal como se han planteado en la secuencia *CSCFrame* es mejor indicador de las calificaciones de ciencias que de las de lengua y contendrían, por lo tanto, una componente científica relevante.

## Conclusiones

El marco de trabajo propuesto (formular un dilema, escoger textos, identificar léxico) ha permitido el desarrollo de dos actividades con CSC, apoyadas sobre la misma secuencia didáctica y andamios de apoyo. Consideramos que este marco puede ser de utilidad en las dificultades que el profesorado encuentra en lo relativo a las estrategias didácticas y de evaluación y el diseño de dilemas que estimulen el debate (enunciadas en la introducción). Además, puede tener la doble utilidad de ofrecer un marco de fácil creación de actividades de CSC y ser útil como una herramienta de formación del profesorado en el trabajo con CSC.

Según la metodología de evaluación propuesta, la capacidad de crear buenos ensayos científicos parece asociarse mejor con las calificaciones científicas del alumnado que con las lingüísticas. Aunque los datos aquí presentados son demasiado endebles para poder realizar afirmaciones claras en este sentido, parecen sugerir que nuestra propuesta promueve la “cientificización” de la evaluación de los ensayos y producciones escritas en el aula de ciencias –a menudo lastrada por criterios de ámbito puramente lingüístico como la ortografía-. En ese sentido, la rúbrica *Mc Lears* permite una evaluación detallada de habilidades de razonamiento científico a nivel de grupo y de alumno, permitiendo su uso como herramienta de evaluación formativa y dando valor y visibilidad a capacidades científicas fundamentales. El marco propuesto no propone herramientas para evaluar el debate, si bien el lector encontrará de interés trabajos de otros autores en este sentido (McNeill y Knight 2013).

La estrategia de formulación de dilemas ha resultado útil para proponer dilemas productivos, y garantiza que ofrezcan puntos de vista contrapuestos entre perspectivas sociales, científicas y económicas, tal como reclaman otros autores (Gilbert 2006). Así mismo, permiten empatizar y ponerse en el lugar de otros, evidenciando las redes de intereses públicos y privados en las decisiones participadas por la ciencia. Consideramos que esta estrategia puede ser una alternativa a la identificación en la prensa de noticias actualidad que propongan posibles dilemas candidatos que describen otros autores (Oliveras, Márquez y Sanmartí 2013).

Las actividades aplicadas, una vez valorados los ensayos de los alumnos, producen mejoras en todas las dimensiones valoradas. Aunque no puede excluirse que las habilidades representadas por estas dimensiones lo sean sólo en el formato propuesto (ensayo breve), éstas se han transferido y han experimentado mejoras de un contexto temático (determinismo genético) a otro distinto (transgénicos). Se han detectado algunos errores importantes, aunque no frecuentes, en el uso de datos, ya que los alumnos identifican como datos citas de los textos leídos de personajes que simplemente expresan su opinión, si bien debería discutirse su uso como “Argumento de autoridad”. El uso de andamios lingüísticos para promover habilidades de razonamiento científico, que ya había sido usado anteriormente en el marco de otras actividades del Proyecto C3 (Domènech-Casal 2016) ha resultado ser una herramienta eficaz, como muestra el progreso en los distintos ítems de la escritura de ensayos.

Los resultados muestran que los alumnos cambian poco su opinión inicial, lo que podemos atribuir a la resistencia descrita por otros autores a aceptar pruebas que se contradicen con sus posicionamientos iniciales (Evagorou, Jiménez-Aleixandre y Osborne 2012).

## Implicaciones educativas

Consideramos que la estructura propuesta (Dilema+Lectura+Debate+Ensayo) y sus distintas organizaciones de aula y formatos comunicativos son una oportunidad para incidir en varias modalidades comunicativas (leer, escribir, escuchar, hablar). Esto corrige el déficit de comunicación oral y práctica comunicativa que suele presentarse en secundaria y permite el desarrollo de las cuatro competencias comunicativas (gramatical, discursiva, sociolingüística y estratégica) (Canale 1983). Así mismo, permite trabajar géneros lingüísticos de las ciencias, pudiendo incorporarse también textos no formales, como los que se generan en redes sociales o conversaciones coloquiales, más cercanos al contexto del alumnado.

El debate en particular constituye un espacio muy productivo, pues como otros autores han descrito, promueve la reformulación de modelos mentales y apropiación de los mismos (Sanmartí 1996, Martín 2013). En él aparecen términos de *anti-léxico* que permiten corregir concepciones erróneas antes de la elaboración del producto final o ensayo. Aunque no se ha hecho en esta aplicación, consideramos que es importante introducir en el debate preguntas destinadas a que los alumnos expliciten los referentes de *para-léxico* ya que, como otros autores describen, las experiencias personales previas condicionan los posicionamientos del alumnado (Grace y Ratcliffe 2002) en ocasiones de manera inconsciente. Consideramos necesario hacer explícita esa participación, no para eliminarla, sino para ponderarla explícitamente “*Sé que la planta carnívora gigante que imagino no es una buena representación de un transgénico*” o “*Yo quiero ser policía y quizás eso me condiciona*”. Así mismo, el uso de apoyos como pedir al alumnado que colecte argumentos permite un enfoque del debate productivo y que no tenga por objetivo la confrontación o “ganar” el debate, algo que puede conseguirse mediante enfoques explícitos (Vilà y Castellà 2012).

Las herramientas propuestas permiten hacer un seguimiento sistemático en las producciones escritas del alumnado de habilidades científicas clave, como son la identificación de pruebas de un contexto para su uso como pruebas (Contexto), la identificación y aplicación de modelos científicos (Modelo) y la argumentación (Argumentación). Estas habilidades se corresponden no sólo con el currículum, sino también con los marcos de evaluaciones externas PISA y tienen un papel clave en los aspectos comentados en la introducción respecto a la Competencia Científica para la Ciudadanía.

Consideramos que este marco de desarrollo de actividades propone respuestas prácticas a las dificultades para el trabajo con CSC citadas en la introducción. El marco CSCFrame se ha elaborado partiendo de la propuesta WG (Lawrence, White y Snow 2011) y ha sido utilizado en actividades de formación del profesorado organizadas por el Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya (Plan Institucional *Llegir per Aprendre* del Servei d'Acollida i Immersió Lingüística) y las Jornadas de Formación sobre Controversias Socio-Científicas e Investigación e Innovación Responsable del Centro de Recursos Pedagógicos Específicos de Apoyo a la Innovación e Investigación Educativa- CESIRE).

El lector encontrará de interés publicaciones de otros autores sobre las controversias alrededor del genotipo y el fenotipo (Puig y Jiménez-Aleixandre 2015), los transgénicos (Díaz y Jiménez-Liso 2012) y otros centros de interés (España y Prieto 2009; Domènech-Casal 2014). El uso combinado de varios andamios y dinámicas de lectura-escritura para escribir textos argumentativos partiendo de dilemas es también objeto de varios artículos que permitirán al lector profundizar en estas estrategias (Ripoll, Chasco y Azcárate 2013; Canals 2015; Fontich y Ill 2012; Trinidad 2010).

## Agradecimientos

El autor agradece al alumnado y profesorado del INS Vilanova del Vallès su apoyo durante la aplicación de las propuestas didácticas y a los profesores Jaume Cortada, Núria Alba y Alex Gimeno -del Servei d'Acollida i Immersió Lingüística de la Generalitat de Catalunya- las fructíferas reflexiones. Es artículo se enmarca en la investigación metodológica del grupo de investigación consolidado LICEC (referencia 2014SGR1492) por AGAUR y financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (referencia EDU2015-66643-C2-1-P).

## Referencias

- Bondolfi T. (coord.). Rousseau R., Stallman R., Moreau A., Lessing L., Werber B. Assange J., Devouard F., Collier A., et al. (2011). Recuperado de: [http://netizen3.org/index.php/Accueil\\_citoyens\\_du\\_net](http://netizen3.org/index.php/Accueil_citoyens_du_net)
- Caamaño A. (2011). Contextualización, indagación y modelización. Tres enfoques para el aprendizaje de la competencia científica en las clases de química. *Aula de Innovación Educativa*, 207, 17-21.
- Canals R. (2015). El pensamiento crítico en el aula. *Aula de Secundaria*, 12, 24-29.
- Canale M. (1983). De la competencia comunicativa a la pedagogía comunicativa del lenguaje, 63-81 en Llobera M. (ed) (1995) *La competencia comunicativa*. Barcelona, Edelsa.
- Díaz N., Jiménez-Liso M. R. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 54-70.
- Domènec A.M., Márquez C. (2015). ¿Cómo justifican los alumnos el desacuerdo científico relacionado con una controversia socio-científica? El caso de la reintroducción del oso en los Pirineos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(3), 303-319.
- Domènec A.M., Márquez C., Marbà-Tallada A., Roca M. (2015). La medicalización de la sociedad, un contexto para promover el desarrollo y uso de conocimientos científicos sobre el cuerpo humano. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 101-125.
- Domènec-Casal J. (2013). Los andamios didácticos: oportunidades y amenazas, una experiencia con exposiciones orales. *Aula de Secundaria*, 3, 24-29.
- Domènec-Casal J. (2014). Contextos de indagación y controversias sociocientíficas para la enseñanza del Cambio Climático. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 22(3), 287-296.
- Domènec-Casal, J. (2016). Proyecto C3: indagación científica, lengua y contextos en la ESO. *Aula de Secundaria*, 19, 15-19.
- Domènec-Casal, J. (en edición). Comprender, Decidir y Actuar: una propuesta de marco para la Competencia Científica para la Ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, en edición.
- Domènec-Casal J., Lope S. (2015). Les Jornades de Controvèrsia Sòcio-Científica i Recerca i Innovació Responsable. Ciències per a qüestionar i canviar el món. Pensar, comprendre, decidir. *Revista Ciències*, 30, 29-31.
- España E., Prieto T. (2009). Educar para la sostenibilidad: el contexto de los problemas socio-científicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6, 345-354.
- España E., Prieto T. (2010). Problemas socio-científicos y enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la escuela*, 71, 17-24.

- Evagorou M., Jiménez-Aleixandre M.P., Osborne J. (2012). Should we kill the grey squirrels? A study exploring students' justifications and decision-making. *International Journal of Science Education*, 34(3), 401-428.
- Evagorou M., Guven D., Mugaloglu E. (2014). Preparing Elementary and Secondary Pre-Service Teachers for Everyday Science. *Science Education International*, 25(1), 68-78.
- Fierro J.L. (2005). La oportunidad WebQuest. DIM: *Didáctica, Innovación y Multimedia*, 2. Recuperado de: <http://www.raco.cat/index.php/DIM/article/view/56098/65520>
- Fontich X., Ill C. (2012). Llegir per escriure textos argumentatius. *Articles, Didàctica de la Llengua i la Literatura*, 56, 48-58.
- García J., Martínez F.J. (2010). Cómo y qué enseñar de la biodiversidad en la alfabetización científica. *Enseñanza de las ciencias*, 28(2), 175–184.
- Garrido A., Simarro C. (2014). El nou marc d'avaluació de la competència científica PISA 2015: Revisió i reflexions didàctiques. *Revista Ciències*, 28, 21-26.
- Gilbert J.K. (2006). On the nature of “context” in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957-976.
- Grace M., Ratcliffe M. (2002). The science and values that young people draw upon to make decisions about biological conservation issues. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1157-1169.
- Hodson D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- Innerarity D. (2011). *La democracia del conocimiento*. Paidós Iberica.
- Jiménez-Aleixandre M.P. (2010). *10 Ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona, Graó.
- Kampourakis K., Reydon T. A. C., Patrinos G.P., Strasser B.J. (2014). Genetics and Society. Educating Scientifically Literate Citizens. *Science & Education* 23, 251-258.
- Kolstø S. D. (2001). Scientific Literacy for Citizenship: Tools for Dealing with the Science Dimension of Controversial Socioscientific Issues. *Science Education*, 85(3), 291-310.
- Lawrence J., White C., Snow C. (2010). The words students need. *Educational Leadership* 68 (2), 22–26.
- Lawrence J., White C., Snow C. (2011). Improving Reading Across Subject Areas With Word Generation. *CREATE Briefs*, September 2011, 1-5. Center for Research on the Educational Achievement and Teaching of English Language Learners, U.S. Department of Education. Recuperado de: <http://www.cal.org/create/publications/briefs/pdfs/improving-reading-across-subject-areas-with-word-generation.pdf>
- McNeill K. L. y Knight A. M. (2013). Teachers' Pedagogical Content Knowledge of Scientific Argumentation: The Impact of Professional Development on K-12 Teachers. *Science Education* 97 (6), 936-972.
- Marbà A., Márquez C., Sanmartí, N. (2009). ¿Qué implica leer en clase de ciencias? *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 59, 102-111.
- Martín M. J. (2013). Hablar ciencia: si no lo puedo explicar, no lo entiendo. *Revista eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10 (3): 291-306.

- OCDE (2013). *PISA 2015. Draft Science Framework.* Recuperado de; <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft PISA 2015 Science Framework.pdf>
- Oliveras B., Márquez C., Sanmartí N. (2013). The use of newspaper articles as a tool to develop critical thinking in science classes. *International Journal of Science Education* 35, 885-905.
- Prat A., Márquez C., Marbà A. (2008). Literacitat científica i lectura. *Temps d'Educació*, 34.
- Puig B., Jiménez-Aleixandre M., P. (2015). El modelo de expresión de los genes y el determinismo en los libros de texto de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 12(1), 55-65.
- Ripoll J.C., Chasco C., Azcárate J. (2013). Mejora de la redacción de textos argumentativos mediante estrategias autorreguladas. *Pulso*, 36, 175-187.
- Ryder J. (2002). School science education for citizenship: strategies for teaching about the epistemology of science. *Journal of Curriculum Studies*, 34(6), 637-658.
- Sadler T.D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of the literature. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 513-536.
- Sadler T.D. (2009a). Situated learning in science education: socioscientific issues as contexts for practice. *Studies in Science Education*, 45(1), 1-42.
- Sadler T. D. (2009b). Socioscientific issues in science education: labels, reasoning, and transfer. *Cultural Studies in Science Education*, 4, 697-703.
- Sadler T. D. (2011). Situating Socio-scientific Issues in Classrooms as a Means of Achieving Goals of Science Education, en Sadler, T. D. (Ed.) *Socio-scientific Issues in the Classroom: Teaching, learning and research* (pp. 1-9). Netherlands: Springer.
- Sadler T.D., Chambers W.F., Zeidler D. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 26(4), 387.
- Sadler T. D., Barab S. A., Scott B. (2007). What do students gain by engaging in socioscientific inquiry? *Research in Science Education*, 37(4), 371-391.
- Sadler T.D., Zeidler D.L. (2009). Scientific literacy, PISA and socio-scientific discourse: Assessment for progressive aims of science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (8), 909-921.
- Sanmartí N. (1996). Para aprender ciencias hace falta aprender a hablar sobre las experiencias y sobre las ideas. *Textos*, 8. 27-40
- Sanmartí N. (coord.) (2003). *Aprendre ciències tot aprenent a escriure Ciència*. Barcelona: Ed 62.
- Sanmartí N., Burgoa B., Nuño T. (2011). Por qué el alumnado tiene dificultad para utilizar sus conocimientos científicos escolares en situaciones cotidianas? *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 67, 62-69.
- Solbes J., Ruiz J.J., Furió C. (2010). Debates y argumentación en las clases de física y química. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 63, 65-75
- Solbes J. (2013). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo de pensamiento crítico (I): Introducción. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10 (1), 1-10.

- Snow C., Lawrence J., White C. (2009). Generating knowledge of academic language among urban middle school students. *Journal of Research on Educational Effectiveness*, 2(4), 325–344.
- Trinidad O. (2010). Producción de argumentaciones escritas en las clases de física. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 63, 50-56.
- Turner B.S. (1999). *The sociology of citizenship*. London, Sage.
- Vilà M., Castellà J.M. (2012). Argumentar y debatir con más de 25 en clase. *Cuadernos de pedagogía*, 423, 55-60.

## Enlaces

Página web *CSCFrame*. Marco polivalente para el trabajo con CSC.  
<https://sites.google.com/site/cscframe/home>

Página web del proyecto C3 (Creación del Conocimiento Científico).  
<https://sites.google.com/a/xtec.cat/c3/argumentacio-cientifica>

Actividades:

Determinismo genético (4 ESO) <http://apliense.xtec.cat/arc/node/30273>

Transgénicos (4 ESO) <http://apliense.xtec.cat/arc/node/30354>