

APUNTES LINGÜÍSTICOS PARA EL TRÁNSITO A LA COMPETENCIA CIENTÍFICA: LEER PARA INDAGAR EN EL AULA DE CIENCIAS

Recepción: 03/03/2018 | Revisión: 22/05/2018 | Aceptación: 27/05/2018

Jordi DOMÈNECH-CASAL

Institut Marta Estrada de Granollers / Universitat Autònoma de Barcelona
jdomen44@xtec.cat

Resumen: El desarrollo de la competencia científica implica aspectos conceptuales, procedimentales, y epistémicos, además de perspectivas vinculadas al desarrollo de la ciudadanía. El despliegue de la competencia científica se está llevando a cabo incorporando nuevas metodologías como la Indagación. Esta transición didáctica requiere también una transición en el modo en que los aspectos lingüísticos de la competencia científica son tratados en el aula de ciencias. Se proponen varias actividades y enfoques prácticos para el desarrollo de la competencia científica mediante herramientas lingüísticas para lectura en la clase de ciencias.

Palabras clave: lectura; competencia científica; indagación; andamiaje didáctico.

**LINGUISTIC NOTES FOR THE TRANSITION TO
SCIENTIFIC COMPETENCE: READING TO INQUIRE
IN SCIENCE CLASSROOMS**

Abstract: The development of scientific competence includes conceptual, procedural and epistemic elements and others related to the building of citizenship. New didactic approaches, such as Inquiry-Based Learning, are set to develop scientific competence. This also requires a transition in the way linguistic aspects of scientific competence are taught in science classrooms. We propose several activities and strategies to develop scientific competence through linguistic tools for reading in Science classrooms.

Keywords: reading; scientific competence; inquiry; didactic scaffolding.

**APUNTS LINGÜÍSTICS PER AL TRÀNSIT CAP A
LA COMPETÈNCIA CIENTÍFICA: LLEGIR PER A
INDAGAR A L'AULA DE CIÈNCIES**

Resum: El desenvolupament de la competència científica implica aspectes conceptuals, procedimentals, i epistèmics, a més de perspectives vinculades al desenvolupament de la ciutadania. El desplegament de la competència científica s'està duent a terme incorporant noves metodologies com la Indagació. Aquesta transició didàctica necessita també una transició en la manera en què els aspectes lingüístics de la competència científica són tractats a l'aula de ciències. Es proposen diverses activitats i enfocaments pràctics per al desenvolupament de la competència científica mitjançant eines lingüístiques per a la lectura a la classe de Ciències.

Paraules clau: lectura; competència científica; indagació; bastida didàctica.

Introducción

La ciencia es una forma de “mirar el mundo” que incluye capacidades como saber identificar modelos científicos en contextos, saber pensar científicamente, diferenciar lo que es ciencia de lo que no lo es, y actuar en consecuencia. La OCDE (2013) propone agrupar estas capacidades en: dimensión conceptual (conocer, identificar y usar modelos científicos para interpretar el mundo), dimensión procedimental (habilidades y estrategias indagadoras y de pensamiento científico) y dimensión epistémica (la capacidad de comprender y participar en prácticas sociales de construcción de conocimiento científico) (Garrido y Simarro, 2014). Esta última dimensión conecta también con la dimensión ciudadana de la competencia científica, esto es, la capacidad, no sólo de comprender, sino también de decidir y actuar como ciudadanos en dilemas o escenarios participados por la ciencia y la tecnología (como lo son los transgénicos, el Big Data o las normativas sobre vacunas), que hemos propuesto recientemente como *Scitizenship* (Domènech-Casal, 2018).

Esta definición de competencia científica genera necesidades de habilidades como la capacidad de indagar, valorar pruebas, y realizar análisis crítico que se ha propuesto que pueden desarrollarse desde distintos enfoques metodológicos. La Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación (ECBI) (Caamaño, 2011; Hodson, 1994; Llewellyn, 2005) es una aproximación competencial a la enseñanza de las ciencias que propone que el alumnado emule en primera persona el proceso de creación del conocimiento, siguiendo el ciclo indagador (observación, formulación de hipótesis, análisis de datos, formulación de un modelo explicativo y evaluación). La metodología persigue una adquisición más profunda de los modelos científicos mediante su construcción por parte del alumno/a y la comprensión de la naturaleza de la ciencia. Varios autores defienden que en la indagación debe hacerse una atención más explícita al proceso epistémico de construcción de los modelos científicos, en lo que se ha llamado la Indagación Basada en la Modelización (MBI) (Couso, 2014; Windschitl, Thompson y Braaten, 2008). En ella, el alumnado analiza contextos y fenómenos, se formula preguntas y construye de manera gradual modelos explicativos cada vez más sofisticados. Esta visión indagadora puede proyectarse también en la vida diaria del ciudadano/a, como forma de “mirar el mundo” propia de las ciencias (Marbà, Márquez, y Sanmartí, 2009), hacia contextos reales, como la prensa, la publicidad o las controversias socio-científicas. Las controversias socio-científicas son dilemas abiertos en contextos relevantes participados por la ciencia, pero también por valores personales y morales (Díaz y Jiménez-Liso, 2012; Kolsto, 2001) y se han propuesto como vía para el desarrollo de la *Scitizenship*. Pueden emerger de distintos temas (salud, innovación tecnológica, sostenibilidad,...) y tomar distintas envergaduras: de ámbito personal (¿Qué coche me compro?) o social (¿Deberíamos prohibir el diésel?) (Díaz y Jiménez-Liso, 2012). Implican un acercamiento indagador al análisis de pruebas y el desarrollo del pensamiento crítico y una orientación a la resolución de problemas (España y Prieto, 2010; Feinstein, Allen y Jenkins, 2013; Sadler y Zeidler, 2005.).

El desarrollo de estos marcos metodológicos en la “lectura” indagadora del mundo genera necesidades que conviene atender desde el despliegue de enfoques lingüísticos específicos en el aula de ciencias. En este artículo proponemos dinámicas y recursos prácticos de tipo lingüístico para el desarrollo de la competencia científica, la ciudadanía crítica y la indagación *desde* la lectura. Para hacerlo, hemos partido de aportaciones del Proyecto C3 sobre competencia científica

(Domènech-Casal, 2016a), el Servei d’Immersió i Acollida Lingüística de la Generalitat de Catalunya (Alba y Domènech-Casal, 2016) y el grupo LIEC (Llengua i Ensenyament de les Ciències) de la Universitat Autònoma de Barcelona (Márquez y Prat, 2010).

1. La “Lectura en oleadas” y la indagación

El proceso indagador implica un acercamiento gradual y la formulación de modelos cada vez más sofisticados para explicar la realidad (Figura 1). También la lectura es un proceso indagador. **Los textos pueden considerarse fenómenos**, y la construcción de su significado por el lector sigue también un proceso de elaboración de modelos interpretativos cada vez más sofisticados, similar al de la Figura 1, en la que los fenómenos son los fragmentos o elementos del texto y los modelos los distintos niveles de sofisticación en la construcción de su significado.

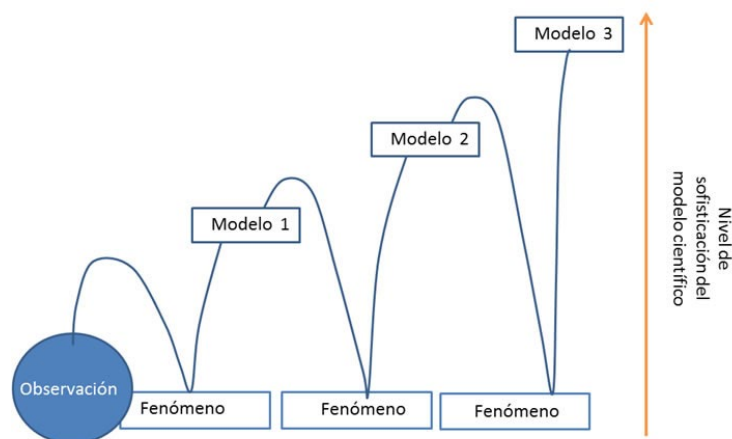


Figura 1. En la modelización, los modelos explicativos se construyen haciendo que los modelos previos entren en conflicto con fenómenos, en varias oleadas, provocando disonancias cognitivas que llevan a descartar el modelo previo y asumir uno alternativo: El hielo flota en el agua, las cosas más calientes suelen estar más arriba, pero el hielo está más frío. ¿Por qué flota el hielo?

Un ejemplo de ello es la **Lectura en Oleadas**, en que el lector avanza en la comprensión del texto no de forma lineal, sino en ciclos de indagación, formulando preguntas y generando respuestas provisionales en cada ciclo. Este proceso puede ser enseñado en clase de ciencias como evento modelizador, como vemos en la Figura 2.

Primera oleada

P.- [muestra sólo la parte del mapa, cubre el resto] ¿Qué representan los colores? ¿Habéis visto antes un mapa parecido? ¿Qué relación puede tener con el tema que trabajamos, la sostenibilidad?

A1.- Parece un mapa de sociales, de esos que cada color significa una cosa distinta.

P.-¿Una cosa distinta?

A2.- Sí, de más o menos. Más personas, más ricos...Rojo es más, normalmente.

P.-¿Y qué debe representar, cuál es nuestra hipótesis?

A1.-Clima. O calor. O lluvia.

P.-Clima...Calor...Lluvia.
 A2.-No se puede saber, pero diría que es calor.
 P.-¿En qué datos nos basamos?
 A3.-No, si fuera calor Groenlandia no estaría roja.
 P.-Entonces, ¿Cuál es nuestra conclusión?
 A1.-Bueno, sabemos que es algo del clima y no puede ser calor.

Segunda oleada

P.-[Descubre hasta mostrar la primera parte de la leyenda, en recuadros] Veamos ahora nuevas evidencias. ¿Y ahora? ¿Qué significa AMN, AMS, EUR, AFR,...?
 A2.-Yo lo sé. Mi hipótesis es que son continentes: América Norte, América Sur, Europa, ...
 P.-¿Y RP?
 A3.-Eso no lo sabemos.
 P.-Bien, no lo sabemos *todavía*. ¿Y lo que hay dentro de los cuadrados?
 A1.-Son números. No. Números y porcentajes.
 P.-¿De qué?
 A2.-Pues quizás al final sí era calor el color.
 P.-¿Tiene sentido analizando los datos?
 A3.-No. 100 grados es mucho, no puede ser.
 P.-Entonces, como conclusión, ¿No es de temperatura? ¿Descartamos esta hipótesis?
 A2.-No lo sabemos todavía.
 P.-Bueno. Nos falta por saber qué son los números y qué representan los colores.

Tercera oleada

P.-[Descubre hasta mostrar la segunda parte de la leyenda, incluyendo el código de colores]. ¿Qué nueva información tenemos? ¿Nos confirma o descarta alguna hipótesis?
 [...]

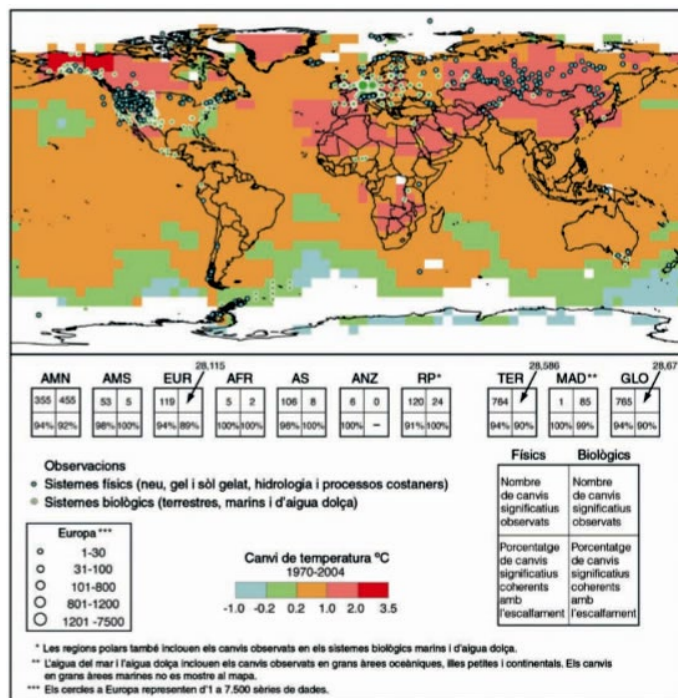


Figura 2. Ejemplo de un texto complejo extraído del informe de evaluación del IPCC [<https://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/catalan/ar4-syr-spm.pdf>]. Diálogo modelizador reconstruido de una experiencia de lectura en oleadas.

Este acercamiento a los textos reproduce los progresos parciales y provisionales de la indagación científica. Además de un ejercicio de indagación, es una metáfora de la creación de conocimiento científico en la que conviene usar el léxico de las instancias de indagación (“*Hacer hipótesis*”, “*Sacar conclusiones de datos*”) y hacer al alumnado explícita -incluso representándola corporalmente- la lógica de la dinámica en oleadas: acercarse a una parte del texto (fenómeno) retirarse y modelizar, volver a acercarse... asociando la lectura a las etapas de la indagación científica, tal como se muestra en la Tabla 1.

Instancias de la actividad lectora		Instancias de la actividad indagadora (C,P,E)
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar el tipo de texto y objetivo de lectura. • Hacer una apreciación inicial del título, negritas, imágenes...para hacer suposiciones sobre el contenido. • Movilizar conocimientos previos y preguntas. 	ANTES	Observar y asociar un fenómeno a modelos conocidos o preexistentes (C). Formular preguntas (P) Hacer hipótesis (P)
<ul style="list-style-type: none"> • Ordenar las ideas que aparecen y estructurar la información. ¿Qué relación tienen entre si los conceptos que aparecen? • Buscar y seleccionar evidencias en relación al objetivo de la lectura. Comprobar si es necesario leer de nuevo. • Revisar y reparar la comprensión. Avanzar y retroceder en el texto para confirmar/descartar hipótesis. 	DURANTE	Diseñar experimentos (P) Recoger, comprobar y sistematizar datos y evidencias (P)
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar la idea/ideas principales y su pertinencia para el objetivo de la lectura. • Relacionar las aportaciones del texto con lo que sabíamos. • Determinar qué sabemos, cómo lo sabemos y qué falta por saber. • Reorganizar la información del texto (resumir...) para explicar el texto a otra persona. • Identificar los mecanismos lectores que han sido eficaces. 	DESPUÉS	Sacar conclusiones de datos (P) Formular un modelo explicativo (C) Dar certidumbre, analizar el proceso epistemológico (E) Comunicar científicamente (P).

Tabla 1. Correspondencias entre las instancias de la actividad lectora y las de la indagación científica, que se llevarían a cabo en cada “remodelización” del significado de un texto.

2. Formular preguntas para interpelar fenómenos

Observar y formular preguntas sobre un fenómeno es un modo de aprender propio de las ciencias. El mero hecho de formular las preguntas implica una activación de lo que sabemos de él (no podemos preguntar sobre algo de lo que no sabemos nada) y la conexión con los modelos previos (Domènech-Casal, 2016b; Márquez y Prat, 2010; Sanmartí y Márquez, 2012). Cuando el

fenómeno que deben interpelar los alumnos es un texto, es también necesario un acompañamiento formulando preguntas o ayudando al alumnado a que las formule. A partir de propuestas previas de otros autores que proponen tres tipos de preguntas –literales, inferenciales y evaluativas- (Sardà, Márquez y Sanmartí, 2006) proponemos una nueva clasificación agrupando 4 tipologías de preguntas (Tabla 2) que permiten al alumnado enfocar la lectura de un texto en distintos niveles de profundidad y propósitos que se relacionan con las dimensiones de la competencia científica.

Nivel de las preguntas e instancias de competencia científica y dimensión asociada (Conceptual, Procedimental, Epistémica, Scitizenship)		Ejemplos
<p>Preguntas Literales</p> <p>Identificar y analizar datos en contextos, reorganizar información (C, P)</p>	<p>Preguntas que piden localizar informaciones en el texto</p>	<p><i>¿Qué han descubierto?</i></p> <p><i>¿Con qué instrumento han realizado las mediciones?</i></p> <p><i>¿Cuántas veces se han observado géiseres?</i></p>
<p>Preguntas Inferenciales</p> <p>Razonamiento inductivo (elaborar modelos a partir de datos) y deductivo (hacer predicciones a partir de modelos) (P)</p>	<p>Preguntas que requieren el concurso de la información del texto y los modelos científicos para- integrándolos-dar una respuesta interpretativa que no se halla en el texto.</p>	<p><i>¿Qué puede haber bajo el océano líquido?</i></p> <p><i>¿Por qué sale caliente el agua? ¿Cómo podríamos comprobarlo?</i></p> <p>Geodinámica interna.</p> <p><i>¿Qué sería posible en esta luna? Funciones vitales.</i></p>
<p>Preguntas Evaluativas</p> <p>Comprender y desarrollar experimentos (P)</p> <p>Distinguir proposiciones científicas de las que no lo son (E)</p>	<p>Preguntas que plantean la verosimilitud o certidumbre de las afirmaciones en base a la fiabilidad de las fuentes, la correspondencia con modelos previos, la solidez de las conclusiones....</p>	<p><i>¿Hasta qué punto consideras seguro que hay agua líquida en Europa? ¿Por qué?</i></p> <p><i>¿Son suficientes tres observaciones para llegar a esas conclusiones?</i></p>
<p>Preguntas de Juicio</p> <p>Usar modelos científicos para intervenir en el mundo (C)</p> <p>Distinguir proposiciones científicas de las que no lo son (E)</p> <p>Integrar modelos científicos y valores personales y morales en la toma de decisiones (Scitizenship)</p>	<p>Preguntas que implican valores personales y morales y que plantean la pertinencia u oportunidad de acciones</p>	<p><i>¿Deberíamos colonizar este satélite?</i></p> <p><i>¿Deberíamos instalar algas en él?</i></p> <p><i>¿Es justo que los países más avanzados tengan acceso a recursos del satélite y los demás no?</i></p>

Tabla 2. Ejemplos propuestos a partir del texto de la Figura 3 y sus aportaciones Conceptual (C), Procedimental (P), Epistémica (E) y Scitizenship.

SOCIEDAD > **CIENCIA** CASTELLERS MEDIO AMBIENTE TIEMPO SANIDAD SUCESOS PRIMERA PLAN@ +PERSONAS

Europa, una luna de Júpiter, tiene géiseres de vapor de agua en su superficie

Las emanaciones, observadas con el telescopio 'Hubble', avalan la existencia de un gran océano líquido bajo la costra helada

ANTONIO MADRIDEJOS / BARCELONA
Lunes, 26/09/2016 | Actualizado el 18/11/2016 a las 17:23 CET



Observaciones efectuadas con el telescopio espacial 'Hubble' han descubierto en la superficie de Europa, una de las lunas de Júpiter, lo que parecen ser **gigantes plumas o géiseres de vapor de agua**, algunos de hasta 200 kilómetros de alto, lo que refuerza la idea avanzada en anteriores investigaciones de que bajo la gruesa costra helada del satélite puede haber un enorme océano líquido, como han asegurado los representantes de la NASA durante una teleconferencia celebrada en Washington.

Las observaciones se realizaron en el año 2014, empleando el rango de visión ultravioleta del 'Hubble', y desde entonces se ha procesado la información para no dejar lugar a dudas. "Esto es mucho más complejo que tomar una foto", ha dicho **William Sparks**, astrónomo del **Space Telescope Science Institute** de Baltimore. Además, ha insistido la NASA, los géiseres no son constantes, sino esporádicos (se observaron en tres ocasiones, sin recurrencia fija).

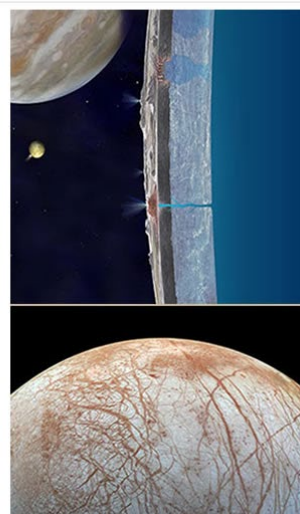


Figura 3. Texto de noticia periodística para ser analizado mediante preguntas literales, inferenciales, evaluativas y de juicio. Noticia modificada de Madrideojos (2016).

2.1. Las preguntas inferenciales: la "Lectura en ping-pong"

Las preguntas inferenciales permiten interpelar modelos que no están presentes de forma literal en los textos y usarlos para interpretar el fenómeno-texto. Esto permite activar ciclos de inducción-deducción propios de la dimensión procedimental de la competencia científica y la identificación de modelos científicos en contextos. Un ejemplo de ello es lo que podemos llamar *Lectura en ping-pong*, en la que la información está distribuida en distintos formatos y partes del texto, y sólo en la interpretación conjunta de todos ellos y con la ayuda del modelo científico es posible dar sentido al conjunto. En el texto de la Figura 4, por ejemplo, podemos imaginar el recorrido "en ping-pong" (emulando el movimiento de la pelota en el deporte de mesa) de la mirada del lector entre tres formatos distintos (esquema, tabla, párrafo) para responder a una pregunta cuya respuesta no aparece literalmente en ninguno de ellos, pero que puede inferirse de los datos y el conocimiento del modelo, en un modo parecido a: "**Entonces, si lo que veo en este gráfico es así, en la tabla debería ser...sí, correcto. Por lo tanto, cuando en el texto dice...se refiere a este valor de aquí, que sube al final, lo que en el texto sería...exacto**". Este tipo de razonamiento implica hacer inducciones y deducciones a partir de un modelo y es importante enseñarlo al alumnado de forma explícita en la lectura de textos en la clase de ciencias.

PISA 2015

Combustibles fósiles
Pregunta 2 / 4

Consulta el artículo «Combustibles fósiles» de la derecha. Escribe tus respuestas a la pregunta.

A pesar de las ventajas de los biocombustibles para el medio ambiente, el uso de los combustibles fósiles sigue siendo muy común. La siguiente tabla compara la energía y el CO₂ generados cuando se queman petróleo y etanol. El petróleo es un combustible fósil, mientras que el etanol es un biocombustible.

Fuente de combustible	Energía generada (kJ de energía/g de combustible)	Dióxido de carbono emitido (mg de CO ₂ /kJ de energía producida por el combustible)
Petróleo	43.6	78
Etanol	27.3	59

Según la tabla, ¿por qué alguien puede preferir usar petróleo en lugar de etanol, aunque su coste sea el mismo?

Según la tabla, ¿qué ventaja tiene para el medio ambiente el uso de etanol en lugar de petróleo?

COMBUSTIBLES FÓSILES

Muchas centrales eléctricas queman combustibles derivados del carbono y emiten dióxido de carbono (CO₂). El CO₂ emitido a la atmósfera tiene un impacto negativo en el clima del planeta. Los ingenieros han usado diferentes estrategias para reducir la cantidad de CO₂ que se emite a la atmósfera.

Una de esas estrategias consiste en quemar biocombustibles en lugar de combustibles fósiles. Mientras que los combustibles fósiles proceden de organismos que murieron hace mucho tiempo, los biocombustibles proceden de plantas que han vivido y han muerto recientemente.

Otra estrategia consiste en atrapar una parte del CO₂ emitido por las centrales eléctricas y almacenarlo a cierta profundidad bajo tierra o en el mar. Esta estrategia se llama captura y almacenamiento de carbono.

Figura 4. Parte de un ítem liberado de la prueba PISA 2015 de Competencia Científica (OCDE, 2013).

En ese sentido, puede ser de interés el diseño de actividades en las que se promueva esta lectura compleja, integrando distintos formatos, para el desarrollo de habilidades de razonamiento científico concretas vinculadas al razonamiento inferencial (extrapolar un modelo a partir de datos, realizar predicciones a partir de un modelo, comprender y diseñar experimentos...), como proponemos en el protocolo de diseño de actividades y preguntas TSS (Goytia, Besson y Domènech-Casal, 2015).

2.2. Distinguir la ciencia de lo que no lo es. Estrategias y preguntas evaluativas

La diferencia entre las controversias científicas y las controversias socio-científicas es que las primeras ubican el conflicto en la certidumbre de una proposición, mientras que las segundas incluyen la complejidad añadida de la toma de decisiones en un contexto participado por valores personales y sociales. Las controversias científicas son un escenario que permite el desarrollo de preguntas de tipo evaluativo en contextos participados por la ciencia, por ejemplo, analizando artículos periodísticos (Blanco, España-Ramos y Franco-Mariscal, 2017; García-Carmona, 2015; Jiménez-Liso, Hernández y Lapetina, 2010), publicidad (Ezquerria y Fernández-Sánchez, 2014; Oliveras, Márquez y Sanmartí, 2012) o propuestas pseudocientíficas fáciles de hallar en blogs o

redes sociales como Twitter (Domènech-Casal, en edición). Esto implica el desarrollo de la dimensión epistémica en aspectos como capacitar al alumnado para medir la certidumbre de una proposición en base a las evidencias que la sustenta, por ejemplo preguntarse “¿Cuán seguros estamos?” o “¿Qué argumentos dan certidumbre a una afirmación?” o establecer la pertinencia o validez de los datos aportados en una argumentación. En este sentido, varios autores proponen el uso del test CRITIC (Tabla 3) (Prat, Márquez y Marbà, 2008).

Ítem	Instancia lectora	Instancia indagadora y Dimensión de Competencia Científica asociada.
C	¿Cuál es la idea principal del texto?	Colectar y seleccionar datos (P)
R	¿Quién es el autor? ¿Qué interés tiene?	Valorar las fuentes y evidencias (E)
I	¿Qué evidencias aporta el texto de lo que afirma? ¿Sostienen los datos las conclusiones? ¿Puede comprobarse?	Sacar conclusiones de datos (P) Valorar las fuentes y evidencias (E)
T	¿Podría diseñarse un test independiente para comprobarlo?	Comprender y diseñar experimentos (P)
I	¿Puede considerarse que lo que se afirma ha sido ya demostrado en otras pruebas?	Vincular fenómenos con modelos científicos (C) Valorar las fuentes y evidencias (E)
C	La explicación causal que se ofrece ¿Es coherente con el conocimiento científico actual?	Vincular fenómenos con modelos científicos (C)

Tabla 3. El test CRITIC propone una pauta al alumnado para evaluar los textos o informaciones desde un punto de vista científico y sus aportaciones Conceptual (C), Procedimental (P), y Epistémica (E).

Los textos del mundo real tienen también sus códigos propios de validación que conviene identificar (Blasco, Calderón y Durban, 2010): el número y tipo de seguidores de un perfil en Twitter, las líneas editoriales de un periódico, el léxico barroco en las pseudociencias, las páginas web a las que vincula una página o documento... como elementos para el análisis crítico. Es preciso abordar estas lecturas primero de forma guiada (proponiendo al alumnado páginas web o gestores de contenido, cuentas de Twitter concretas) para gradualmente hacerlo de forma abierta ayudando al alumnado a identificar críticamente qué espacios son de referencia científica (instituciones científicas, blogs de divulgación fiables, universidades,...) y cuáles no (Fogg, 2002). El formato didáctico de las WebQuest (Fierro, 2005), y su concreción en TAF (Trabajo con fuentes) puede ser una forma ágil de llevar el aula estos aprendizajes. En ellas, se parte de una gran pregunta, del tipo “¿Protegen los yogures de los resfriados?” para analizar distintos tipos de textos que hay que analizar críticamente para ofrecer una respuesta a la pregunta inicial.

Una vez el alumnado ha adquirido la capacidad de analizar fuentes pre-seleccionadas por el docente, puede empezar a realizar búsquedas pautadas en las que se acompañe en el análisis crítico de las fuentes. El andamio *Cesinf* (*Cerca i Síntesi d'Informació*)¹ permite al alumnado pautar este proceso, registrando las webs que consulta y cuantificando su certidumbre en base a la relación de la información con los Modelos científicos, la cantidad y calidad de los Datos, la Autoridad de la fuente y datos de cibermetría como la Relación de la web con otras webs (qué webs vinculan a la que se está valorando, y a qué webs dirige ésta).

2.3. Preguntas de juicio y controversias. Decidir en conflictos participados por la ciencia: “Textos enfrentados”

La acción como ciudadanos implica no sólo comprender, sino también tomar decisiones. En el trabajo en el aula, implica la consulta de documentos, gráficos y datos para poder posicionarse individualmente ante el dilema, lo que supone un cambio respecto a los apartados anteriores: las preguntas literales, inferenciales y evaluativas tienen como propósito último la comprensión del texto, la elaboración de un modelo mental de su significado y su nivel de certidumbre. En cambio, las preguntas de juicio no tienen como propósito la comprensión profunda del texto, sino que se ubica la lectura en un conflicto, la resolución de un problema o dilema vinculado a la ciencia, pero también a valores personales o sociales a los que nos hemos referido como controversias socio-científicas. Este tipo de enfoque didáctico se corresponde con el marco didáctico del Aprendizaje Basado en Problemas (Domènech-Casal, 2019; Sanmartí y Márquez, 2017) y supone un tipo de lectura más compleja. Este enfoque puede promoverse proponiendo dilemas relevantes para el alumnado y la lectura de textos enfrentados (textos a favor y en contra de la homeopatía, informaciones a distintos niveles sobre vacunas,...) y puestos en conflicto. Este trabajo con textos enfrentados (De la Fuente y Puigdevall, 2012, Domènech-Casal, 2017) promueve una lectura de elevada complejidad (literal, inferencial, evaluativa y de juicio) en la que fenómenos (textos), modelos científicos y valores personales se entremezclan. Además, se produce un “vacío de autoridad”: el alumno no puede simplemente “reproducir” el argumento estándar autorizado (“Hay que consumir menos energía”) para esquivar su juicio y delegar en el texto la comprensión, análisis crítico y toma de decisiones, pues los dos textos proponen visiones contrapuestas.

La extracción y análisis de los argumentos de los distintos textos es una parte fundamental del trabajo con controversias socio-científicas. Para ello, deben disponerse herramientas para apoyar al alumnado en la identificación y ponderación de argumentos. La Balanza de Argumentos (Figura 5) es un andamio destinado a que el alumnado identifique argumentos en distintos textos, y los clasifique en función de la posición que defienden (a favor o en contra de una proposición) y del tipo de argumento, incluyendo 4 tipos de argumento: los que apelan al Modelo Científico, los que apelan a la Autoridad, los que apelan a los Datos y Estadísticas y los que apelan a los Hábitos y Costumbres. Eso

¹ Andamio Cesinf para el análisis y síntesis de información de fuentes de internet. Disponible en: <http://sites.google.com/site/projectantcn3/bastides-i-suports>

permite al alumnado tener una visión completa de los argumentos y, representando la fiabilidad de cada argumento como el tamaño de un círculo, orientarse a la toma de una decisión.

Domènech-Casal, J. (2019). Apuntes lingüísticos para el tránsito a la competencia científica: Leer para indagar en el aula de Ciencias. *Didacticae*, 5, 85-98.

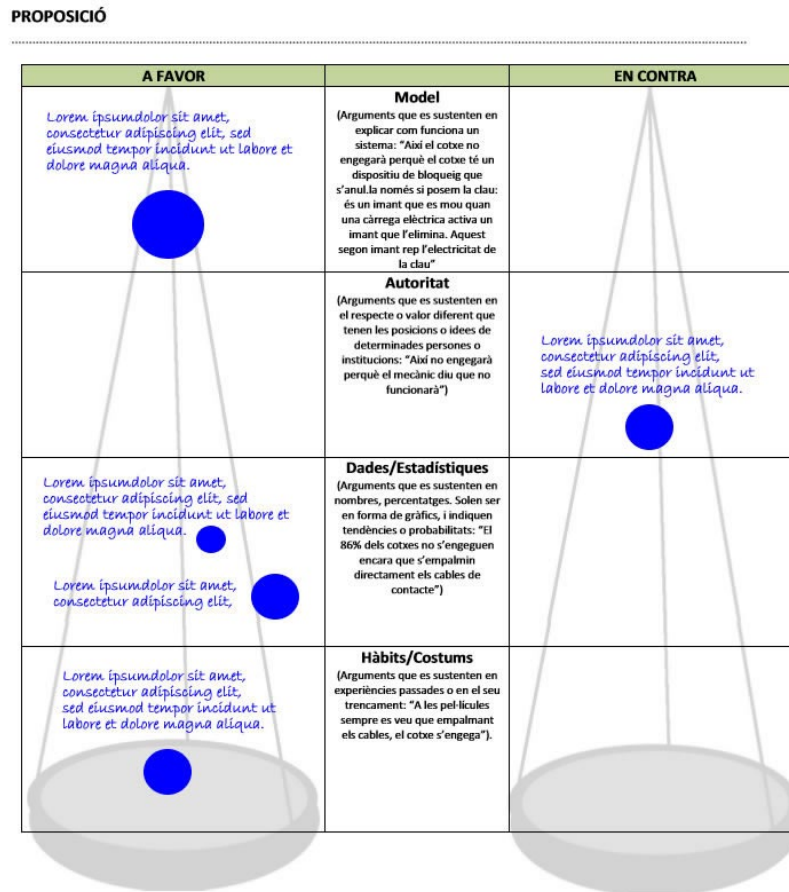


Figura 5. Representación de una Balanza de Argumentos.

3. Novelas e Historia de la Ciencia. Hacer emerger la ciencia de contextos narrativos

También el género de la novela es un espacio candidato para hacer emerger modelos científicos. Frankenstein, Yo Robot, La Isla Misteriosa, de Shelley, Asimov y Verne son sólo algunos ejemplos de una larga lista de referentes que nos proporciona la literatura, que otros autores se han encargado de reivindicar para la enseñanza de las ciencias tanto desde la literatura clásica (Barceló, 2014) como desde la juvenil actual (Pau, Márquez y Marbà-Tallada, 2016). Así mismo, los textos de la historia de la ciencia (Acevedo, García-Carmona y Aragón, 2016) suponen una oportunidad, porque en ellos, además de los modelos científicos, aparecen las liturgias epistemológicas (hipótesis, experimentos, interpretación de datos...), que pueden ser identificadas por el alumnado en los distintos textos.

*“Diciembre 1846. ¿Por qué tantas mujeres mueren de esta fiebre después de haber dado a luz sin problemas? Durante siglos, la ciencia nos ha enseñado que es una epidemia invisible que mata a las madres. Las causas pueden deberse a cambios atmosféricos, alguna influencia cósmica o terremotos [...] Es **poco probable que** cambios atmosféricos, cósmicos o telúricos causen la fiebre **porque** la proporción de muertes es muy diferente en los dos pabellones. **Puesto que** el número de muertes no es tan grande en el Pabellón SP, **tal vez** la causa tiene que ver con algo que pasa en el Pabellón PP”*

Figura 6. Fragmento de texto del diario de Semmelweis, médico que descubrió la relación de la falta de higiene hospitalaria con la fiebre puerperal por la que morían muchas madres poco después del parto. Extraído de (Acevedo et al., 2016)

Conclusiones

Para el desarrollo de la competencia científica se han propuesto metodologías como la Indagación y las Controversias socio-científicas. Ambas metodologías se refieren a la forma científica de “mirar” el mundo, una forma que debe enseñarse, *para* la lectura, pero que también puede enseñarse *desde* la lectura. Este trabajo debe hacerse desde las áreas científicas porque sólo en el marco de géneros textuales del ámbito científico y contextos epistémicos científicos pueden desarrollarse de forma significativa para las ciencias habilidades y competencias como la indagación de los contextos y la lectura crítica. Para el trabajo con los marcos propuestos puede ser de interés impulsar a nivel de centro educativo la toma de acuerdos en distintas formas a nivel de departamento de ciencias (andamios compartidos, banco de lecturas,...) y con el departamento de lengua para establecer colaboraciones a nivel de centro educativo (Trujillo, 2015).

Agradecimientos

Al profesorado y alumnado de los institutos Institut de Vilanova del Vallès, Instituto Marta Estrada, de Granollers y del Servei d'Accollida i Immersió Lingüística del Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya (en especial, Núria Alba, Àlex Gimeno, Pere Mayans y Jaume Cortada). Reflexiones incluidas en este artículo se enmarcan 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

- Acevedo J-A., García-Carmona, A., y Aragón, M.M. (2016). Un caso de Historia de la Ciencia para aprender Naturaleza de la Ciencia: Semmelweis y la fiebre puerperal. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 408-422.
- Alba, N., y Domènech-Casal, J. (2016). An in-service training model for Content and Language Integration in Secondary classrooms. *Proceedings of the Fourth Biennial Conference of the*

- World Federation of Associations of Teacher Education*, 1(3a), 6-27.
- Barceló, M. (2014). Novel·les de ciència. *Revista Mètode*, 82, especial Encontres.
- Blanco, A., España-Ramos, E., y Franco-Mariscal, A.J. (2017). Estrategias didácticas para el desarrollo del pensamiento crítico en el aula de ciencias. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 1(1), 107-115.
- Blasco, A., Calderón, A., y Durban, G. (2010). *Competència informacional*. Disponible en: <https://sites.google.com/a/xtec.cat/cinfo-aula>
- 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.
- Couso, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. *26EDCE. Investigación y transferencia para una educación en ciencias: Un reto emocionante* (pp. 1-28). Huelva: Servicio de Publicaciones Universidad de Huelva.
- De la Fuente, N., y Puigdevall, N. (2012). Articles oposats: són perillosos els mòbils? *Revista Ciències*, 21, suplemento.
- Díaz, N., y 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.
- Domènech-Casal, J. (2016a). Proyecto C3: indagación científica, lengua y contextos en la ESO. *Aula de Secundaria*, 19, 15-19.
- Domènech-Casal, J. (2016b). De l'èpiteli de ceba a la indagació. Un marc per a construir pràctiques investigadores cap a la Competència Científica. *Revista Ciències*, 32, 12-22.
- 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.
- Domènech-Casal, J. (2018). Comprender, decidir y actuar: una propuesta-marco de competencia científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(1), 1105.
- Domènech-Casal, J. (2019). *Aprenentatge basat en projectes, treballs pràctics i controvèrsies. 28 propostes i reflexions per a ensenyar Ciències*. Rosa Sensat: Barcelona
- Domènech-Casal, J. (en edición). Escalas de certidumbre y balanzas de argumentos. Una experiencia de construcción de marcos epistemológicos para el trabajo con pseudociencias. *Ápice. Revista de Educación Científica*, (en edición)
- España E., y Prieto T. (2010). Problemas socio-científicos y enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la escuela*, 71, 17-24.
- Ezquerro A. y Fernández-Sánchez, B. (2014) . Análisis del contenido científico de la publicidad en la prensa escrita. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(3), 275-289.
- Feinstein, N. (2011). Salvaging science literacy. *Science Education*, 95, 168-185.
- Fierro, J.L. (2005). La oportunidad WebQuest. *DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia*, 2.
- Fogg, B. J. (2002). *Mecanismes validació webs i tuitaires. Cerques Google avançades*. A partir de B. J. Fogg (2002). Disponible en: <http://credibility.stanford.edu/guidelines/index.html> Consulta: 16.08.2017
- García-Carmona, A. (2015). Noticias sobre temas de Astronomía en los diarios: un recurso para aprender sobre la naturaleza de la ciencia reflexivamente. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27, 19-30.

- Garrido A., y Simarro C. (2014). El nou marc d'avaluació de la competència científica PISA2015: Revisió i reflexions didàctiques. *Revista Ciències*, 28, 21-26.
- Goytia, E., Besson, I., y Domènech-Casal, J. (2015). Protocol TestingScienceSkills: una eina senzilla per a dissenyar preguntes d'examen per a l'avaluació de les habilitats científiques de l'alumnat. *Revista Ciències*, 30, 20-28.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- Jiménez-Liso, R., Hernández, L., y Lapetina, J. (2010). Dificultades y propuestas para utilizar las noticias científicas de la prensa en el aula de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), 107-126.
- 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.
- Llewellyn, D. (2005). *Teaching high school science through inquiry: A case study approach*. Corwin Press y NSTA Press.
- Madridejos, A. (2016). Europa, una luna de Júpiter, tiene géiseres de vapor de agua en su superficie. *El Periódico*, 18/11/2016. Disponible en: <http://www.elperiodico.com/es/ciencia/20160926/europa-luna-jupiter-tiene-geiseres-vapor-agua-5416724>
- Marbà A., Márquez C., y Sanmartí, N. (2009). ¿Qué implica leer en clase de ciencias? *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 59, 102-111.
- Márquez, C., y Prat, A. (Eds). (2010). *La competència científica i lectora a secundària*. Dossiers Rosa Sensat, Barcelona.
- OCDE (2013). PISA 2015. *Draft Science framework*. Disponible en: <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft PISA 2015 Science Framework .pdf>
- Oliveras, B., Márquez, C., y Sanmartí, N. (2012). Aprender a leer críticamente. La polémica por los bañadores de Speedo. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 70, 37-45.
- Pau, I., Márquez, C., y Marbà-Tallada, A. (2016). Choosing novels to promote scientific literacy at secondary school. *ESERA 2016*, 1, 109-117. Disponible en: http://gent.uab.cat/conxitamarquez/sites/gent.uab.cat.conxitamarquez/files/pau_2016_esera_0.pdf
- Prat A., Márquez C., y Marbà A. (2008). Literacitat científica i lectura. *Temps d'Educació*, 34, 67-88.
- Ruiz, N., Llorente, I., y Domènech-Casal, J. (2017). Indagación, exoplanetas y competencia Científica. Los estudios de caso como ABP para las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 25(2), 191-202.
- Sanmartí, N., y Márquez, C. (2012). Enseñar a plantear preguntas investigables. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 70, 27-36.
- Sanmartí N., y Márquez, C. (2017) Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: del contexto a la acción. *Ápice, Revista de Educación Científica*, 1(1), 3-16.
- Sardà, A., Márquez, C., y Sanmartí, N. (2006). Cómo promover distintos niveles de lectura de los textos de ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(2), 290-303.
- Trujillo, F. (Coord.) (2015). Proyectos lingüísticos de centro. Monográfico julio 2015. *Cuadernos de Pedagogía*, 485.
- Windschitl, M., Thompson, J., y Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92, 941-967.