



# Aprender a justificar científicamente a partir del estudio del origen de los seres vivos

## Learning to justify scientifically by studying the origin of living beings

Enric Custodio

*Departament d'Ensenyament. Generalitat de Catalunya*  
ecustodi@xtec.cat

Conxita Márquez, Neus Sanmartí

*Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona*  
Conxita.Marquez@uab.cat, Neus.Sanmarti@uab.cat

**RESUMEN** • Este trabajo presenta una investigación en relación con el aprendizaje de las ciencias a partir de la escritura de textos justificativos sobre el origen de los seres vivos con alumnos de 14 años. Se analizó, en primer lugar, el papel del aprendizaje integrado de los conceptos científicos (patrón temático) y de los textos justificativos (patrón estructural) y, en segundo lugar, la influencia de las actividades de evaluación entre iguales en este aprendizaje. Los resultados evidencian que, después de trabajar conjuntamente el patrón estructural y el patrón temático, los alumnos escriben mejores textos justificativos desde el punto de vista formal a la vez que muestran una mayor comprensión de los conceptos científicos. Las actividades de evaluación entre iguales también han sido eficaces, ya que después de estas se redujo a la mitad el número de alumnos que admitían la posibilidad de la generación espontánea o no daban razones para justificar su punto de vista.

**PALABRAS CLAVE:** justificación; evaluación entre iguales; origen de los seres vivos; educación secundaria.

**ABSTRACT** • This paper presents an investigation on learning science through writing justificative texts about the origin of living beings with students aged 14. In order to encourage students to write better justificative texts in the science class, first, we analyzed the role of learning scientific concepts (thematic pattern) and justificative texts (structural pattern) in an integrated way and, second, the influence of peer assessment activities in this learning process. The results show that students write better justificative texts after working simultaneously the structural and thematic patterns, improving both their structure and their understanding of scientific concepts. In addition, the peer assessment activities have been effective: the number of students admitting the possibility of spontaneous generation or giving no reasons for their point of view before the assessment activities is reduced to a half after the peer assessment.

**KEYWORDS:** justification; peer assessment; the origin of living beings; secondary education.

Fecha de recepción: septiembre 2013 • Aceptado: abril 2015

Custodio, E., Márquez, C., Sanmartí, N., (2015) Aprender a justificar científicamente a partir del estudio del origen de los seres vivos. *Enseñanza de las Ciencias*, 33.2, pp. 133-155

## INTRODUCCIÓN

El trabajo que se presenta en este artículo se refiere a una experiencia realizada en un aula de secundaria, con el objetivo fundamental de promover que el alumnado aprendiera a justificar en clase de Ciencias. Se propuso la reflexión en torno a cómo, en diferentes épocas, se ha teorizado sobre el origen de los seres vivos y cómo se han justificado las diferentes teorías. A partir de esta reflexión y del trabajo de los textos justificativos mediante diferentes estrategias, como comparación de textos, coelaboración de bases de orientación y evaluación entre iguales, los alumnos escribieron textos justificativos en diferentes fases de la secuencia didáctica.

Según Lemke (1997), para hablar (y escribir) ciencia es necesario conocer dos tipos de «patrones» y saberlos combinar adecuadamente. Estos dos patrones son, por un lado, el llamado «patrón temático», que se refiere al modelo teórico y los conceptos, las experiencias y analogías que se le asocian, y por otro lado, el «patrón estructural», que está relacionado con el tipo de discurso empleado para hablar del «patrón temático» y que corresponde a las estructuras retóricas y de género (descripción, justificación, etcétera) a través de las cuales se organiza el discurso. En general, los diferentes «patrones estructurales» no se enseñan en las clases de ciencias aunque se pide constantemente al alumnado que los aplique (Custodio, 2011). Es frecuente que se requiera una justificación sobre la explicación de un hecho, un resultado o una afirmación, pero la idea predominante es que aprender a justificar es una finalidad de las clases de Lengua. Sin embargo, diferentes investigaciones muestran que el lenguaje científico tiene unas características específicas y que su aprendizaje presenta unas dificultades que se pueden comparar al aprendizaje de una lengua diferente de la propia (Lemke, 1997; Sutton, 1997), y por ello es necesario profundizar en el patrón estructural y en el temático de forma integrada en la clase de ciencias (Sardà y Sanmartí, 2000).

Consideramos que el alumnado, con el fin de profundizar en su conocimiento científico, debe conocer tanto el patrón temático como el estructural, y que estos se deben enseñar de forma conjunta. En concreto, nuestra hipótesis es que el trabajo integrado de aspectos relacionados con el patrón temático y con el patrón estructural contribuye a la mejora de los textos justificativos escritos por los alumnos.

Esta investigación busca dar respuesta a dos preguntas. En primer lugar, nos preguntamos: ¿qué características tienen los textos justificativos escritos por los alumnos para ser evaluados como textos de calidad? y, a partir de ello, valorar la eficacia del trabajo integrado de los dos patrones, comparando la calidad de los textos justificativos escritos por unos mismos alumnos antes y después de trabajarlos de manera interrelacionada. En segundo lugar, una vez establecidos estos criterios de evaluación, con el objetivo de compartirlos con el alumnado, nos planteamos: ¿qué características tienen las actividades de evaluación entre iguales para que contribuyan a la mejora de los textos justificativos de los alumnos?

## LA IMPORTANCIA DE LA JUSTIFICACIÓN EN LA CLASE DE CIENCIAS

Hay muchas evidencias de que el debate de ideas, la discusión de textos científicos y la argumentación favorecen una mayor comprensión conceptual también en el contexto escolar (Alexander, 2008; von Aufschnaiter *et al.*, 2008; Erduran *et al.*, 2004; Mercer *et al.*, 2004; Millar y Osborne, 1998; Schwarz *et al.*, 2003).

En el contexto de la ciencia escolar, para favorecer el desarrollo de la capacidad de razonamiento y llenar de significado los conceptos que usamos en las clases de Ciencias, se ha propuesto el trabajo de la discusión razonada de ideas, de la justificación y la argumentación (Jiménez-Aleixandre, 1998; Custodio y Sanmartí, 2005). En muchos casos, los razonamientos que pedimos a los alumnos en las clases de Ciencias están relacionados con la justificación, ya sea porque pedimos directamente que justifiquen

un hecho, una observación o un fenómeno o bien porque pedimos una argumentación que incluye, de acuerdo con diferentes autores, una justificación en la que fundamentar los argumentos (Adam, 1992; García-Debanc, 1994; Van Dijk, 1989; Toulmin, 1993).

La justificación de un enunciado en relación con un hecho, un procedimiento o una teoría equivale a fundamentarlo en conocimientos o puntos de vista aceptados por los receptores. En el contexto de una clase de Ciencias, la justificación se fundamenta en las teorías científicas y en otras fuentes de conocimiento, como por ejemplo los datos y las pruebas generadas a partir de la realización de experimentos en el laboratorio. Por tanto, cuando un estudiante construye una justificación con fundamento científico muestra que ha comprendido un determinado fenómeno científico, hasta el punto de que es capaz de interrelacionar teorías y conocimientos y aplicarlos al caso concreto que le planteemos. En otras palabras, llegar a elaborar una justificación correcta suele ser sinónimo de apropiación del conocimiento.

## EL CONCEPTO DE JUSTIFICACIÓN

La justificación y la argumentación son conceptos distintos aunque próximos. La finalidad de la argumentación es defender una opción frente a las otras y convencer al receptor de la superioridad de la tesis defendida. Para ello, hay que producir razones o argumentos con el fin de modificar el valor epistémico desde el punto de vista del destinatario. Según el contexto, la tipología de argumentos admitidos es diversa: cualquier cosa que nos permita convencer al receptor de la superioridad de una determinada opción podrá aceptarse. Se presentan razones a favor de la opción que se defiende y se anticipa la crítica de los posibles argumentos contrarios. En cambio, el fin de la justificación es diferente. Tiberghien (2009) considera que argumentar en un contexto escolar no tiene siempre el mismo significado. En un contexto socio-científico en el que se dan múltiples interacciones sociales, ideológicas o éticas, la argumentación incluye tanto la justificación basada en evidencias como la retórica necesaria para persuadir al receptor; mientras que en el contexto más limitado de una disciplina científica, tiene un significado más próximo al de justificar, ya que la finalidad es evidenciar el fundamento científico. Muchos autores consideran la justificación como un componente esencial de la argumentación (García-deBanc, 1994; Duval, 1993; Finocchiaro, 2005). Aunque las definiciones propuestas pueden variar ligeramente, todas coinciden en tratar de identificar un proceso en el que los alumnos han de considerar ideas alternativas, justificar sus opiniones y basar sus decisiones en evidencias y razonamientos (Keogh y Naylor, 2007).

En el marco de esta investigación, nos hemos basado en la propuesta de Jorba, Gómez y Prat (1998): justificar es producir razones o argumentos, establecer relaciones entre ellos y examinar su aceptabilidad con el fin de modificar el valor epistémico de la tesis en relación con el corpus de conocimiento en el que se incluyen los contenidos objeto de la tesis. Se representa en la figura 1.

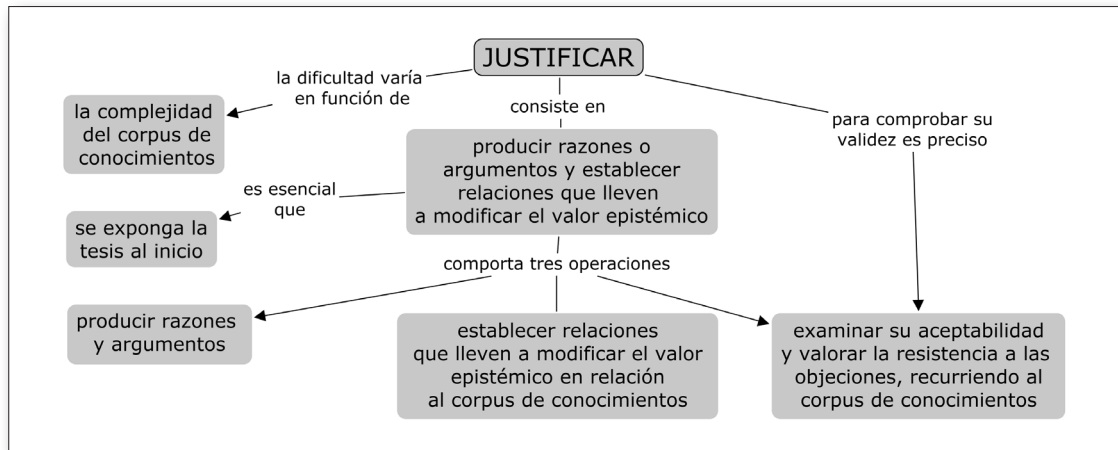


Fig. 1. Mapa conceptual para explicar el concepto de «justificar» propuesto por Jorba *et al.* (1998).

A partir de esta definición, se elaboró una versión para los alumnos. En ella se proponía que, para dar respuesta justificadamente a una cuestión no resuelta o a un problema, el punto de partida fuesen los datos, hechos u observaciones y que los datos considerados relevantes para la cuestión debían relacionarse con los conocimientos (teoría).

## METODOLOGÍA E INSTRUMENTOS PARA EL ANÁLISIS

### Contexto de la experiencia

La experimentación se llevó a cabo en un instituto del área metropolitana de Barcelona. Participaron 33 alumnos de 3.º de ESO (14 años). Se propuso a los alumnos seguir dos secuencias didácticas. La primera sobre la clasificación de los seres vivos y, un mes más tarde, la segunda sobre el origen de los seres vivos y la generación espontánea. La metodología seguida en los dos casos fue la misma en cuanto al trabajo del patrón temático (presentación del problema y del contexto, discusión de los diferentes puntos de vista, cambios de puntos de vista históricos, redacción de textos justificando determinadas afirmaciones), pero en cambio el trabajo del patrón estructural solo se hizo de forma explícita en la segunda secuencia. A lo largo de la primera, no se hizo ninguna indicación ni se suscitó ninguna reflexión sobre aspectos relacionados con el patrón estructural. Al final de esta primera secuencia se pidió a los alumnos que escribieran un texto (T1) para justificar diversos aspectos de la clasificación de los seres vivos con el fin de evaluarlos. En cambio, durante la segunda secuencia sobre el origen de los seres vivos y la generación espontánea, también se trabajaron de manera simultánea e integrada aspectos relacionados con el patrón estructural mediante la elaboración conjunta de una base de orientación y la evaluación entre iguales. Al final de esta secuencia, se pidió a los alumnos que escribieran un texto justificativo sobre la teoría de la generación espontánea (T2) que también sirvió para evaluarlos. Ambas secuencias se desarrollaron durante dos semanas.

### Recogida y organización de los datos

Se recogieron las producciones de los alumnos al final de la primera secuencia didáctica (texto justificativo sobre la clasificación de los seres vivos, T1) y al final de la segunda secuencia (texto justificativo sobre la generación espontánea, T2). Además de estos dos textos, se recogieron otros dos tipos de

datos: las respuestas a un cuestionario-guía (CG, véase anexo) con el que los alumnos trabajaron a lo largo de la segunda secuencia sobre el origen de los seres vivos (patrón temático) y los textos justificativos (patrón estructural), y una actividad de evaluación entre iguales (EV, véase figura 11) basada en los criterios de evaluación consensuados previamente con los alumnos.

En la primera secuencia, se planteó la dificultad de clasificar los seres vivos y las diferencias en los criterios utilizados según el contexto histórico. Los alumnos compararon la justificación de los diferentes puntos de vista (desde los dos hasta los cinco reinos) y debatieron sobre la aceptabilidad de los razonamientos, las causas de la modificación de estos criterios y los posibles cambios en la clasificación. Al final de la primera secuencia, se planteó a los alumnos la siguiente actividad:

*(Texto T1) Los seres vivos se han clasificado de diferentes maneras a lo largo del tiempo. En un principio todos los seres vivos se consideraban animales o plantas, pero más tarde se consideró necesario ampliar el número de reinos. Escribe un texto que justifique:*

*Por qué dos reinos eran suficientes para clasificar los seres vivos.*

*Por qué se puso en duda esta clasificación inicial.*

*Los cambios que se han producido a lo largo del tiempo en la clasificación de los organismos.*

La segunda secuencia se inició con el problema planteado en la primera actividad del cuestionario-guía (CG). Se preguntó a los alumnos cómo justificarían haber encontrado gusanos en un bote de harina de la cocina de su casa. Luego leyeron fragmentos de textos de Van Helmont y Redi en los que justificaban su punto de vista sobre la generación espontánea y discutieron sobre qué justificación les parecía mejor. Posteriormente, al final del cuestionario-guía, se les pidió que revisaran de nuevo el problema y que comparasen sus respuestas al empezar y al terminar la secuencia. En el cuestionario también se planteaba la dificultad de diferenciar las interpretaciones de los hechos, y se pedía escribir un texto tal como lo habría podido escribir Redi.

Se recogieron las aportaciones de los alumnos sobre las características de las buenas justificaciones mediante una lluvia de ideas, se discutieron y se ordenaron en gran grupo. Finalmente se consensuaron los pasos necesarios para escribir una justificación tal como muestra la figura 2.

<b>Base de orientación para escribir una justificación</b>	
1	Situar la pregunta a justificar en su contexto: época, materia (ciencia, historia, supersticiones...), ideas de partida.
2	Identificar los hechos o los datos sobre los que se pide la justificación.
3	Identificar el conjunto de conocimientos (teorías) de las que se parte.
4	Formular frases que relacionen los hechos del punto 2 con los conocimientos o teorías del punto 3.
5	Entre estas frases, seleccionar las que justifiquen mejor una posible respuesta a la pregunta inicial.
6	Organizar estas frases de forma coherente, diferenciando las ideas personales de las que tenían los científicos de la época.
7	Redactar un texto relacionando causalmente hechos y razones, utilizando conectores como: a causa de, por tanto, porqué, en consecuencia...

Fig. 2. Base de orientación consensuada con los alumnos sobre los pasos que hay que seguir para escribir un texto justificativo.

Esta base de orientación también sirvió para elaborar, en parte, la actividad de evaluación entre iguales (EV).

Al final de la segunda secuencia, se planteó la siguiente actividad:

(Texto T2) *El coordinador de la revista te pide que escribas un artículo que permita a los alumnos de otros cursos formarse una idea de:*

- *¿Qué es la generación espontánea?*
- *¿Cómo justificaban su punto de vista los investigadores del tema, tanto los de antes como los de ahora?*
- *¿Cuál es tu opinión personal y cómo la justificas?*

El contenido de ambos textos se organizó en redes sistémicas (Bliss y Ogborn, 1983).

Por ejemplo, en el texto T2 la definición de generación espontánea debía ser el punto de partida para poder justificar su posición. En la red siguiente (figura 3) se muestran las diferentes formas de abordar este concepto, desde las propuestas más aceptables que incluyen en el razonamiento la falta de un progenitor, hasta las que se refieren a la generación espontánea sin usar ningún argumento válido, pasando por las propuestas basadas en reproducir fragmentos del cuestionario CG.

Definición de generación espontánea	Intentan definir	Aceptablemente	Aparecen seres vivos en un lugar, sin madre (12b) / La generación espontánea se basa en que los seres vivos pueden nacer sin progenitores (16b)
		Reproducen fragmentos del cuestionario	...animales, como gusanos o ratones, no sólo provienen de sus progenitores, sino que también provienen del trigo o barro (1b) / ...algunos animales u otros seres vivos se podían crear naturalmente de materiales inertes, como el barro o las heces (7b)
		No aceptable	...unos animales surgen en un bote de harina y no se sabe cómo ha sido (4b) / Se han creado seres vivos que han surgido por arte de magia (5b)
		A partir de ejemplos	Por ejemplo, un bote de trigo tapado con una camisa de mujer sudada, salían ratones después de unos días
No intentan definir			

Fig. 3. Fragmento de red sistémica para organizar el contenido de los textos T2 en relación con la definición de generación espontánea.

En los dos textos se contó el número de veces que la justificación se basó en reglas tal como las entiende Thagard (1992). En su propuesta, los conceptos son estructuras mentales complejas que se relacionan entre sí dando lugar a sistemas que funcionan como teorías y que por eso tienen funciones importantes y variadas, como por ejemplo categorizar, hacer inferencias deductivas, explicar, resolver problemas, generalizar, hacer inferencias analógicas, memorizar. García *et al.* (2002), resumen el punto de vista de Thagard diciendo que un concepto puede ser pensado de la siguiente manera: es una clase de, es una parte de, tiene partes, conecta con los fenómenos mediante reglas, tiene ejemplos, tiene atributos o propiedades, etcétera. Así un sistema conceptual puede ser analizado como una red de

nodos que corresponden a conceptos y ejemplos unidos por líneas que representan relaciones entre los conceptos. En este estudio nos hemos centrado en las relaciones de regla, que expresan las relaciones generales entre conceptos y solo tienen sentido en el marco de un determinado modelo teórico. Por ejemplo, cuando se pregunta cuál es el origen de los gusanos que han aparecido en el bote de harina, un alumno escribe: «... han puesto huevos» (17b). En el marco teórico de este alumno, el único origen posible de un ser vivo es otro ser vivo. El uso de esta regla nos indica que el alumno ha entendido el problema de una manera similar a la comunidad científica. Mientras que en otros casos la regla usada no es aceptable desde el punto de vista científico, como en el siguiente: «Unos animales surgen en un bote de harina y no se sabe explicar cómo han surgido, entonces se dice que es generación espontánea» (4b).

Estas relaciones de regla conectan los hechos con representaciones abstractas y simbólicas. Indican cómo funcionan los conceptos en la deducción, explicación o resolución de problemas y muchas veces expresan relaciones causales. Las reglas tienen significado según el modelo o la teoría y son explicativas siempre que se reconozca su fundamentación teórica, construida pero no arbitraria. Las reglas que expresan relaciones causales muestran con más claridad la relación entre conceptos y teorías. El uso de este tipo de regla solo se puede hacer si se ha comprendido lo que se está diciendo o escribiendo. Por lo tanto, es más frecuente que aparezca en escritos de un libro de texto que no en las redacciones de los alumnos. Sin embargo, comparar el número de reglas entre diferentes escritos de los alumnos nos permitirá determinar qué textos muestran un mayor nivel de comprensión y qué textos han sido producidos a partir del razonamiento, en comparación con los que reproducen escritos o ideas expresadas por otros (García *et al.*, 2002; Izquierdo y Rivera, 1997; Thagard, 1992).

## ANÁLISIS DE LOS TEXTOS JUSTIFICATIVOS

Los aspectos analizados (basados y modificados de Jorba *et al.*, 1998; Thagard, 1992, y Van Dijk, 1989) son: en relación con el contenido (patrón temático), pertinencia, precisión, volumen de conocimientos, completitud y número de reglas usadas; y en relación con el patrón estructural, la superestructura, la macroestructura y la microestructura. Cada uno de estos ítems ha sido clasificado en 3 grados, desde 1 (nivel más bajo) hasta 3 (nivel más alto).

### **a) Descripción de los ítems en relación con el patrón temático**

#### *Pertinencia*

Las razones o los argumentos, globalmente, tienen coherencia y hacen referencia al objeto de la explicación. Se expresan con claridad de manera que una vez leídos es fácil descubrir tanto el tema como las intenciones del autor. El registro de lengua se adecua a la función y los destinatarios del texto. La figura 4 muestra las características y un ejemplo de los 3 niveles.

Nivel 1	El texto tiene poco contenido científico, contiene varias explicaciones que incluyen razones no pertinentes, no aceptables desde el punto de vista científico ni desde el punto de vista del sentido común.	...la clasificación inicial la pusieron para que no se mezclaran las especies (T1-18b).
Nivel 2	En algunas partes del texto se encuentran ideas no pertinentes, junto a otras que sí lo son. Se ha intentado responder pero se usan razones que no aportan nada que aclare las ideas que se quieren expresar, o que no son aceptables científicamente.	...los vegetales son aquellos que hacen la fotosíntesis y que se pueden reproducir sexualmente y asexualmente (T1-2c).
Nivel 3	La explicación contiene mayoritariamente argumentos pertinentes y aceptables científicamente en el contexto escolar. En el texto no hay ideas que no sean apropiadas para el desarrollo de las ideas.	...entran gusanos (en el bote de harina) que luego se van reproduciendo (T2- 17b).

Fig. 4. Características y ejemplos de los 3 niveles de pertinencia.

### Precisión

Las palabras que se utilizan son las adecuadas, tienen una definición que ayuda a entender las ideas expuestas sin vaguedades y se utilizan las palabras científicas específicas con propiedad. Igualmente se hace un uso adecuado de las palabras que tienen distinto significado en lenguaje coloquial y específico del área de ciencias. La figura 5 muestra las características y un ejemplo de los 3 niveles.

Nivel 1	Hay un uso inadecuado de las palabras en general, que dificulta la comprensión de las ideas expresadas, con ambigüedades que llevan a la confusión.	cuando unos animales surgen en un bote de azúcar o harina y no se sabe explicar cómo han surgido, entonces se llama generación espontánea a aquellos animales que surgen dentro de un bote de comida (T2-4b)
Nivel 2	Alguna frase es ambigua, debido al uso de palabras no suficientemente apropiadas. Hay alguna imprecisión leve, que no obstante permite seguir el razonamiento.	... cuando se ha abierto el bote de harina, han caído algunas partículas que han hecho la fusión y se han creado los gusanos (T2-5b)
Nivel 3	Se usan las palabras adecuadas, especialmente las que son relevantes para el tema tratado, como serían las entidades fundamentales para la justificación de las ideas. No hay ambigüedad en el uso del vocabulario.	¿Por qué hay gusanos? No es porqué la harina haya caducado si no porqué al dejar el bote abierto un rato, entran moscas y ponen huevos, y al cabo de un tiempo se han formado gusanos (T2- 9c)

Fig. 5. Características y ejemplos de los 3 niveles de precisión.

### Volumen de conocimientos

El volumen de conocimientos mostrado es adecuado en relación con el nivel en el que se escribe la justificación. Es decir que el texto contiene la información necesaria para una buena comprensión, e incluso puede tener información no estrictamente necesaria pero pertinente y útil para apoyar las ideas expuestas. Por ejemplo, en el caso de la generación espontánea, las dos ideas que muestran un buen volumen de conocimiento son la necesidad de tener un progenitor en el lugar donde han aparecido los seres vivos o que los seres vivos encontrados provengan de otro lugar. La figura 6 muestra las características y un ejemplo de los 3 niveles.



Nivel 1	La respuesta no incluye un razonamiento aceptable. Las relaciones no son claras. Puede haber errores conceptuales.	Van Helmont dijo que sacó una rata que estaba muy bien formada y no creo que pueda aparecer esta rata (...). La generación espontánea es un gran misterio (T2-10c)
Nivel 2	La explicación sólo se refiere a un razonamiento aceptable, sin más añadidos que demuestren un mayor volumen de conocimientos.	Mi opinión es que en la fábrica ha entrado algún ser vivo que nadie se ha dado cuenta (T2-2c)
Nivel 3	Dan una explicación que incluye un razonamiento relacionado con otras ideas. El o los argumentos tienen un inicio y un final y relacionan hechos con teorías.	Creo que de los botes donde hay comida salen insectos porque ellos ya han depositado huevos. Por ejemplo, si tomamos un bote de arroz y después de unos días lo tapamos y más tarde lo destapamos, veremos que hay unos pequeños insectos. Estos insectos no se han formado a partir de la generación espontánea. Estos insectos han aparecido porque otros gusanos pusieron huevos en el arroz. Los huevos continuaron creciendo y después salieron los gusanos (T2- 19b)

Fig. 6. Características y ejemplos de los 3 niveles de volumen de conocimientos.

### Completitud

Todos los apartados, preguntas o subpreguntas formuladas en el enunciado se tienen en cuenta a la hora de escribir. No quedan aspectos sin atender. A la hora de expresar un razonamiento, las razones se expresan de forma clara, y la idea argumental está suficientemente desarrollada para que se entienda sin necesidad de conocer previamente el tema. Los argumentos contienen relaciones de tipo causal explícitamente y están suficientemente acabados y resisten, al ser completos, las objeciones. Cuando para interpretar algún hecho debe tenerse en cuenta diferentes causas y/o diferentes consecuencias, estas se expresan de manera completa. La figura 7 muestra las características y un ejemplo de los 3 niveles.

Nivel 1	No tienen en cuenta todas las partes del enunciado, quedan varios apartados por aclarar, no dan razones o sólo se apuntan, sin desarrollarlas.	Aristóteles pensó que podía clasificar todos los seres vivos en dos reinos diferentes pero cada vez se fueron poniendo más reinos porque no se clasificaban en los dos primeros reinos y ahora hay hasta cinco reinos (T1-b)
Nivel 2	Dejan de contestar algún aspecto del enunciado y/o los razonamientos son en parte implícitos. Dan razones menos completas, que relacionan parcialmente hechos y teorías.	...antes eran suficientes dos reinos porque se pensaba que los actuales hongos eran vegetales, los actuales protozoos eran vegetales, etc. Pero se descubrió que un hongo no se alimentaba igual que un vegetal, los protozoos eran diferentes de los animales, y se hicieron dos reinos más. (T1-12b)
Nivel 3	Atienden todas las demandas del enunciado. Los razonamientos se entienden por sí solos, son explícitos. Dan razones completas, que relacionan hechos con teorías.	... Redi hizo un experimento colocando dos botes con trozos de pescado y carne dentro, y uno de los botes lo cerró, pero el otro no. En el bote que dejó cerrado no había insectos, pero en el que dejó abierto aparecieron insectos. En el bote abierto los insectos provenían de fuera, no se han creado dentro como decía Van Helmont. (T2-1c)

Fig. 7. Características y ejemplos de los 3 niveles de completitud.

## b) Descripción de los ítems en relación con el patrón estructural

### *Superestructura*

La superestructura se refiere al conjunto de indicadores que permiten saber de qué tipo de texto se trata y orientarse durante la lectura. Por ejemplo, el lector puede anticipar si se trata de un texto expositivo de un libro o de una entrevista. La superestructura del texto, que es conocida por la mayoría, responde a unas convenciones sociales y prácticas, de modo que al leer el lector se puede hacer una idea del tipo de texto. A partir de la lectura, se accede al esquema con el que se ordenan las ideas. La figura 8 muestra las características de los 3 niveles.

Nivel 1	No queda clara la intención comunicativa del texto. El texto no está organizado de forma clara, no sigue las convenciones sobre los textos justificativos.
Nivel 2	Se entiende que es un texto justificativo aunque no sigue completamente las convenciones. Faltan señales que guíen el curso de las ideas.
Nivel 3	La forma, función y organización del texto muestran que se trata de un texto justificativo. Se siguen las convenciones. Queda claro el esquema con el que se ordenan las ideas.

Fig. 8. Características de los 3 niveles de superestructura.

### *Macroestructura*

Un discurso está formado por una serie de proposiciones que permiten relacionar palabras, frases u otros elementos y construir relaciones coherentes entre conceptos. La simplificación de toda esta estructura en una sola proposición, que contiene el sentido global del texto, es la macroestructura. Para llegar a esta idea global, el lector debe omitir parte de la información, debe seleccionar otra parte y a partir de ahí debe generalizar y construir esta idea global. La macroestructura permite realizar las operaciones que permiten reducir información y construir el significado global de un texto. La secuencia de oraciones debe estar destinada a justificar y razonar una tesis. La figura 9 muestra las características de los 3 niveles.

Nivel 1	No se entiende cuál es el significado global del texto
Nivel 2	El significado global del texto es ambiguo. Aparecen algunos puntos confusos o contradicciones
Nivel 3	Se comprende el significado global del texto

Fig. 9. Características de los 3 niveles de macroestructura.

### *Microestructura*

Un texto complejo está formado por varias partes cada una con una función particular, por ejemplo, la introducción, el desarrollo y la conclusión. Cada una de estas partes tiene su propia macroestructura. Es decir, el conjunto de proposiciones que forman cada fragmento se puede reducir a una única proposición que resume el significado global: esto es la microestructura. La figura 10 muestra las características de los 3 niveles.

Nivel 1	No se sigue un hilo conductor claro, es difícil o no se puede llegar a la comprensión global del texto, porque hay fragmentos difíciles de entender, que no son coherentes con el resto de fragmentos.
Nivel 2	La lectura presenta alguna dificultad. Las oraciones no están siempre encadenadas de manera que expliciten la progresión lógica de las ideas. Los fragmentos del texto se entienden, aunque el hilo conductor se ve interrumpido en algún momento por algún fragmento que no sigue el orden lógico para facilitar la comprensión.
Nivel 3	Las frases están bien encadenadas, la información ya dada y la nueva se combinan de manera que el texto se puede seguir sin dificultad.

Fig. 10. Características de los 3 niveles de microestructura.

## ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN ENTRE IGUALES

En nuestra hipótesis, la evaluación entre iguales debe ayudar a mejorar tanto el patrón temático como el estructural. Para poder valorar la eficacia de las actividades de regulación propuestas, los textos finales de los alumnos fueron corregidos por otros alumnos elegidos al azar. Después se estudió en qué forma habían sido revisados según hubiesen mejorado o no en relación con textos anteriores, y cómo se habían incorporado las propuestas de revisión. Esperábamos un cambio positivo en cuanto a los conocimientos y las habilidades cognitivo-lingüísticas de los alumnos, pero había que ver si todas las correcciones eran igualmente útiles o si las que podríamos llamar correcciones bien hechas eran más útiles que las de menos calidad. Para poder responder era necesario caracterizar una buena corrección.

En la actividad de evaluación entre iguales (EV), se combinaron preguntas cerradas con el fin de fijar la atención de los correctores en aspectos concretos, y abiertas para evitar las respuestas poco reflexivas. Se pedía al alumno corrector que valorara los diferentes aspectos de 1 a 5 (de menos a más de acuerdo) y que escribiera un comentario sobre el aspecto evaluado. Por otra parte, para favorecer que el alumno corregido leyera y comprendiera la corrección recibida, también se dejaba espacio para dar su opinión sobre la corrección (véase figura 11).

Trabajo de 1b corregido por 6b		
<b>Actividad previa. ¿Cómo justificarías la aparición de los gusanos?</b>		
Se entiende	3	<i>El texto es corto y no explica por qué aparecen los gusanos</i>
Da razones para relacionar los hechos con la teoría	3	
Las razones que da son suficientes	2	
Es coherente	1	
Admite la generación espontánea	<i>Sí</i>	
(...)		
<b>¿Identifica lo que para van Helmont eran hechos?</b>		<i>No ha indicado si son hechos o interpretaciones</i>
<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> A veces <input type="checkbox"/> Con errores		
(...)		
<b>Opinión sobre la corrección recibida:</b> <i>Estoy de acuerdo a medias, porque pone que no he contestado sobre la aparición de los gusanos y si lo había hecho. También pone que no es coherente y en este ejercicio he mantenido lo que pensaba, y dice que no he cambiado de opinión y después dice que sí.</i>		

Fig. 11. Fragmento de la actividad de evaluación entre iguales. El alumno corrector debe valorar entre 1 y 5 algunos aspectos, en otros casos debe responder con sí o no o marcando una cruz, y debe escribir comentarios sobre la corrección. El alumno corregido también opina la corrección recibida.

Para valorar la calidad de la corrección, cada apartado fue revisado por el profesor, que clasificó la corrección en 3 categorías. La categoría 2 corresponde a la corrección de más calidad. Representa el valor central, más equilibrado, mientras que los valores 1 o 3 corresponden a valoraciones consideradas de menos calidad, por exceso o por defecto (véase figura 12).

Trabajo de 3b corregido por 9b						
	1		2		3	
Valoración numérica	Superior		Equilibrada	X	Inferior	
Valoración global	A medias	X	Coincide		Totalmente contraria	
Orientación comentarios	Favorables		Neutrales	X	Desfavorables	
Tipos de comentarios	Poco detallados		Suficientemente detallados	X	Faltan más de la mitad	
Papel del corrector	Se dirige al profesor		Correcto	X	No entiende la función	

Fig. 12. Fragmento de la pauta del profesor para revisar la corrección. Los diferentes aspectos de la corrección se clasifican en la categoría 2 cuando se considera que la corrección es de más calidad.

De esta manera, cuando el profesor coincidía con la valoración entre 1 y 5 del alumno-corrector, el apartado correspondiente de la corrección se clasificaba en la categoría 2. Otros aspectos de la corrección revisados por el profesor fueron: la orientación de los comentarios (en la categoría 2, cuando no eran exageradamente favorables o desfavorables sino más bien neutros), el nivel de detalle de estos (en la categoría 2, cuando era suficientemente pormenorizado) y el papel del corrector (en la categoría 2, cuando el alumno-corrector había entendido que la finalidad de su trabajo era ayudar a mejorar al alumno corregido).

De acuerdo con ello, una corrección bien hecha tendría el valor 2 en todos sus ítems. Es decir, tendría una valoración numérica equilibrada, una valoración global coincidente con la del profesor, con comentarios no sesgados, y suficientemente detallados, en los que el corrector habría entendido su papel y se habrían hecho comentarios adecuados indicando qué se debe modificar. En otras palabras, una buena corrección valora justamente el trabajo del compañero y describe razonablemente los aspectos que cabe mejorar.

## RESULTADOS DEL ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS DATOS

La organización de los resultados se hace en función de las preguntas de investigación. En relación con la primera pregunta, ¿qué características tienen los textos justificativos escritos por los alumnos para ser evaluados como textos de calidad?, los resultados son:

### Calificación global de los textos

El primer paso para responder a la primera pregunta era establecer la calificación de los textos. A partir del método de triangulación (dos profesores calificaron globalmente los textos y en caso de discrepancia intervino un tercer profesor), los textos se clasificaron en tres categorías (textos con calificación baja (A), media (B) o alta (C)). No se dio ninguna indicación a los profesores sobre cómo corregir y

cada uno calificó los textos sin negociar con los demás ni especificar ningún criterio. En la figura 13 se muestran las calificaciones de los textos sobre la clasificación de los seres vivos (T1) y sobre el origen de los seres vivos (T2).

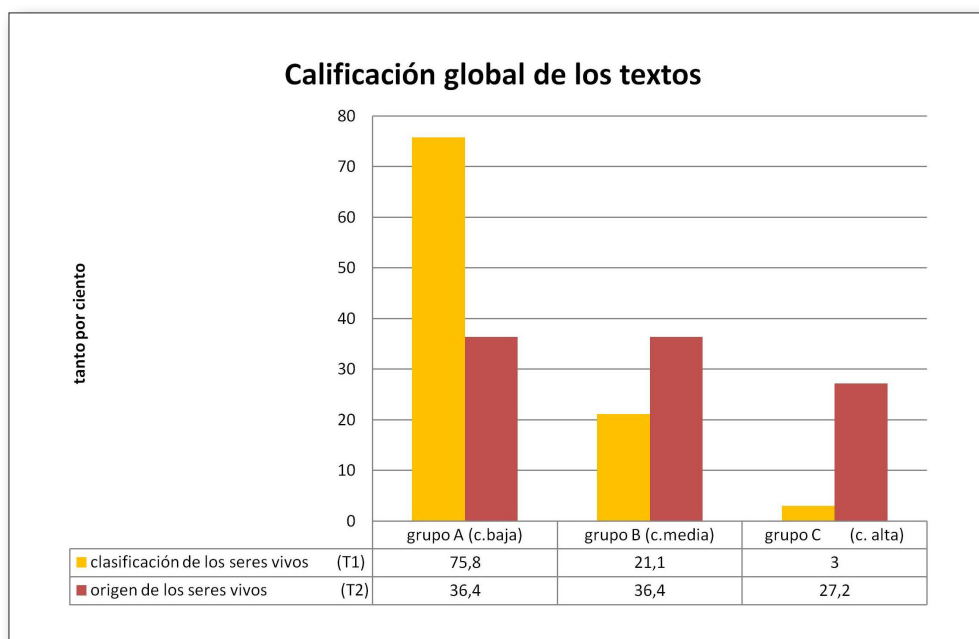


Fig. 13. Calificación global de los textos al trabajar solamente el patrón temático (T1) y después de trabajar el patrón temático y el patrón estructural integradamente (T2).

### Características de los textos justificativos según su calificación

Para poder determinar qué características hacen que un texto justificativo sea considerado de mayor o menor calidad cuando el profesorado lo corrige, los datos recogidos en las redes y los mapas se han agrupado de acuerdo con las tres categorías de calificación A, B y C.

A continuación se comparan los diferentes ítems agrupados según la calificación global de los textos, primero en relación con el patrón temático y después en relación con el patrón estructural.

#### En relación con el patrón temático

Aparte de la mejora en la calificación global obtenida, la comparación de los diferentes ítems relacionados con el patrón temático (valorados de 1 a 3) muestra que los textos T2 son de mayor calidad que los iniciales. Lo podemos ver en la figura 14.

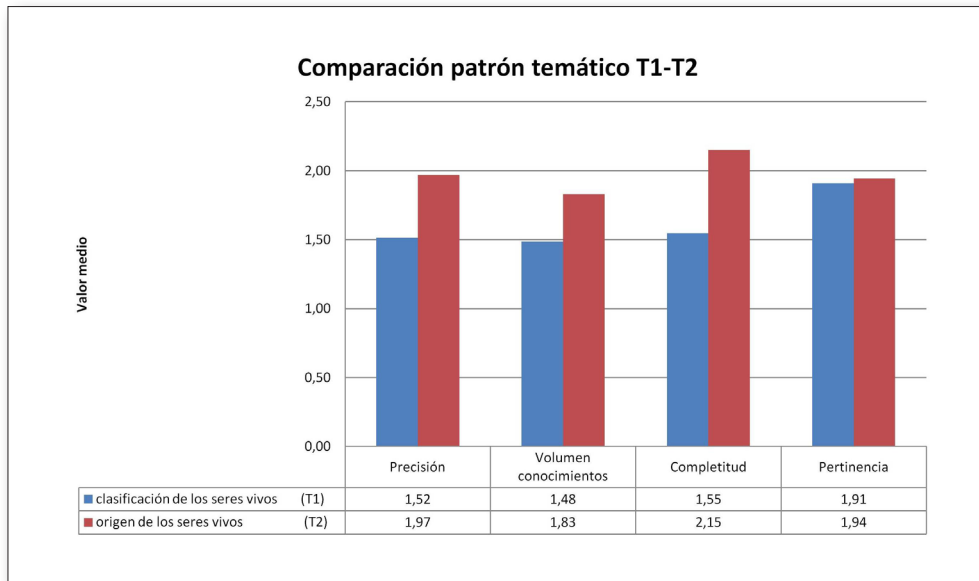


Fig. 14. Comparación de los ítems del patrón temático analizados entre los textos iniciales (T1) y finales (T2).

En todos los ítems analizados, los valores del texto final (T2) son mejores. La mayor diferencia se da en la completitud (+0,6). Las diferencias en la precisión (+0,45) y el volumen de conocimientos son menores (+0,35), mientras que prácticamente no hay diferencia en la pertinencia (+0,03).

Otro indicador de la calidad de razonamiento en un texto justificativo, tal como hemos visto antes, es el número de reglas que se han utilizado. La figura 15 compara el número medio de reglas de los textos T1 y T2.

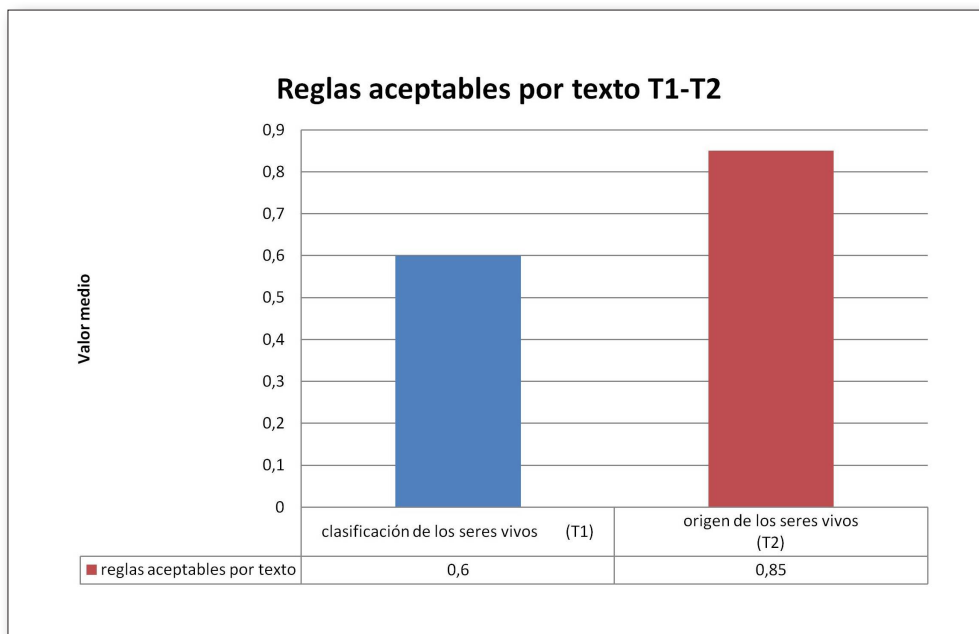


Fig. 15. Comparación del número de reglas (media) usadas en los textos iniciales (T1) y finales (T2).

El aumento en el uso de reglas (+0,25) es más destacable si tenemos en cuenta los diferentes condicionamientos a la hora de escribir los textos. El texto sobre la clasificación de los seres vivos (T1) daba muchas más oportunidades para usar reglas que el de la generación espontánea (T2). No solo era posible utilizar una regla para describir la clasificación inicial entre animales y plantas («... si hacían la fotosíntesis se clasificaban en el reino vegetal, en cambio si no la hacían, se clasificaban en el reino animal» (19b)), sino que se podían caracterizar los 5 reinos a partir de otras reglas. Así, en el primer texto para definir cada uno de los reinos era posible utilizar reglas, mientras que en el segundo las ocasiones para hacerlo eran mucho más limitadas: se podían utilizar para definir generación espontánea y para justificar el punto de vista de Redi, como en «se basa en que los seres vivos pueden nacer sin progenitores, es decir espontáneamente» (16b).

Una vez analizados todos los aspectos, se puede concluir que los textos mejor calificados muestran un patrón temático con un mayor nivel de precisión, completitud, volumen de conocimientos y con más reglas aceptables. En cambio, el nivel de pertinencia es semejante al resto de textos.

### En relación con el patrón estructural

La comparación de los diferentes ítems relacionados con el patrón estructural (valorados de 1 a 3) muestra que, en algunos aspectos, los textos T2 son de mayor calidad que los iniciales. Lo podemos ver en la figura 16.

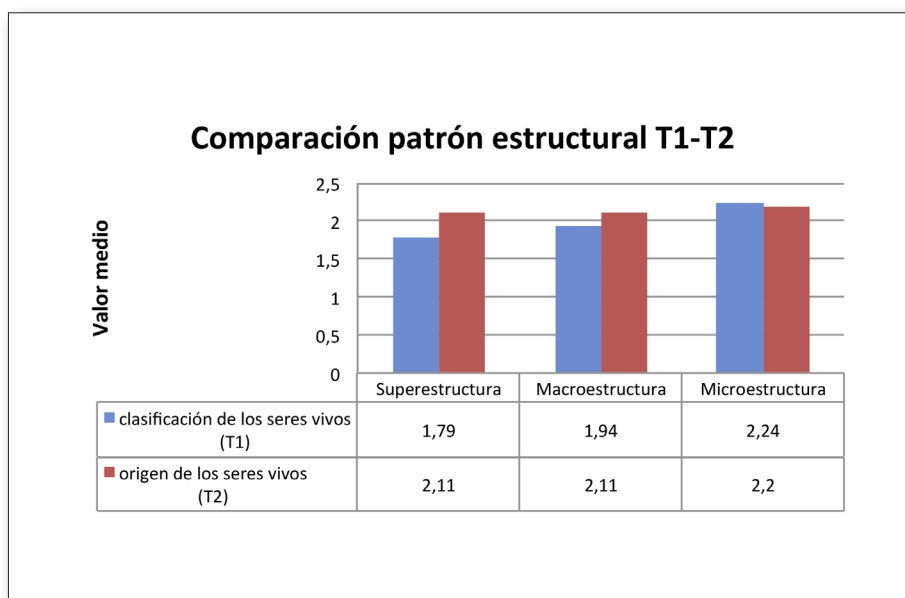


Fig. 16. Comparación de los ítems del patrón estructural analizados entre los textos iniciales (T1) y finales (T2).

Destaca claramente la mejora en la superestructura de los textos (+0,39), mientras que en los otros aspectos estudiados las diferencias son más pequeñas: macroestructura (+0,17) y microestructura (-0,04). La mejora en los aspectos estudiados tiene diferentes grados de dificultad. Los alumnos pueden aprender de una forma relativamente rápida qué partes debe tener un texto justificativo y cómo organizar las ideas, y pueden ser más conscientes de que se les pide establecer relaciones entre hechos y teorías si en clase han trabajado los modelos de textos justificativos. Para ello la base de orientación puede ser un buen modelo, pero conocer el patrón estructural propio de los textos justificativos no

es suficiente para mejorar en todos los aspectos. Los alumnos pueden entender mejor qué es una justificación, pero aparte de comprender mejor la demanda, hay otros aspectos de la redacción de textos justificativos que requieren más tiempo para ser dominados. Aprender a redactar bien un texto justificativo es un proceso más largo y complejo relacionado con la experiencia previa, la práctica de la lectura y la escritura de textos y la maduración intelectual. Seguramente es necesario haber leído y comparado muchos otros textos, apropiarse de conocimientos de ámbitos muy diversos, y llegar a un cierto grado de madurez. Mejorar en todos estos aspectos requiere seguir trabajando los modelos de textos justificativos de manera continua y sistemática.

### **Evaluación entre iguales**

En relación con la segunda pregunta de investigación, ¿qué características tienen las actividades de evaluación entre iguales para que contribuyan a la mejora de los textos justificativos de los alumnos?, los resultados son los siguientes:

Para poder valorar la importancia de la evaluación entre iguales en la mejora de los trabajos de los alumnos, hemos estudiado la evolución de las justificaciones de los alumnos después de realizar las actividades de evaluación entre iguales. Para ello, hemos comparado las justificaciones escritas al final del cuestionario CG sobre el origen de los gusanos aparecidos en un bote de arroz (antes de cualquier actividad de evaluación entre iguales), y el nivel del texto justificativo final (T2) sobre la generación espontánea teniendo en cuenta tanto la calidad de la corrección recibida como la calidad de la corrección realizada por cada alumno.

Los cuestionarios CG se han clasificado en 3 categorías: en el grupo A se encuentran los cuestionarios en los que al final se dan respuestas totalmente compatibles con la generación espontánea; en el grupo B se encuentran aquellos que escriben que son contrarios a la generación espontánea pero no aclaran por qué o la justificación que dan es confusa, finalmente, en el grupo C se encuentran los cuestionarios que son claramente contrarios a la generación espontánea y lo justifican aceptablemente.

Los textos justificativos T2, tal como hemos visto anteriormente, también han sido clasificados en 3 grupos: A (calificación baja), B (calificación mediana) y C (calificación alta). De manera que un alumno del grupo AA (nivel A en el cuestionario CG, nivel A en el texto T2) sería un alumno que se ha mantenido en un nivel bajo entre el cuestionario y el texto justificativo final, sin que las actividades de regulación hayan tenido un efecto observable. Tanto al principio como al final, los alumnos de este grupo no descartan la generación espontánea. En cambio, un alumno del grupo AB habría pasado de un nivel bajo a un nivel medio después de las actividades de evaluación entre iguales, admitiendo la posibilidad de la generación espontánea solo al principio.

Por otra parte, tal como hemos visto anteriormente, las actividades de evaluación de más calidad son aquellas en las que abundan los indicadores del grupo 2.

Hemos establecido tres posibles evoluciones de los alumnos entre el final del cuestionario y el texto final T2. En primer lugar, el grupo de alumnos estables, es decir que no cambian de nivel entre el cuestionario (CG) y el texto final T2 (AA, BB, CC), los alumnos que mejoran (AB, AC, BC) y los que obtienen en el texto final (T2) peores resultados (CB, CA, BA).

La figura 17 muestra los indicadores de calidad de la corrección recibida en relación con la evolución de la calidad de los textos.



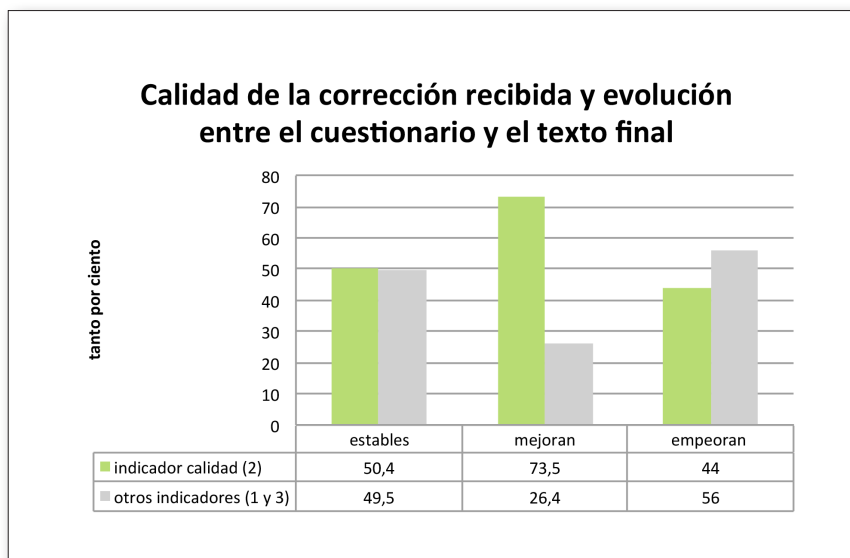


Fig. 17. Porcentaje de indicadores de corrección de calidad, en la corrección recibida, de acuerdo con la evolución de los alumnos entre el final del cuestionario y el texto final T2.

Los alumnos que mejoran después de la actividad de evaluación entre iguales son los que han recibido una mejor corrección (73,5% de indicadores de calidad), mientras que los que después de la actividad de evaluación se mantienen en el mismo nivel y los que empeoran han recibido una corrección de menor calidad (50,4 y 44% de indicadores de calidad respectivamente).

Aparte de la calidad de la corrección recibida, también hemos estudiado la relación entre la calidad como correctores de los alumnos y la evolución de la calidad de sus textos, ya que posiblemente los alumnos reconocen aspectos para mejorar en sus producciones al revisar las de los compañeros.

La figura 18 muestra los indicadores de calidad de la corrección realizada en relación con la evolución de la calidad de los textos.

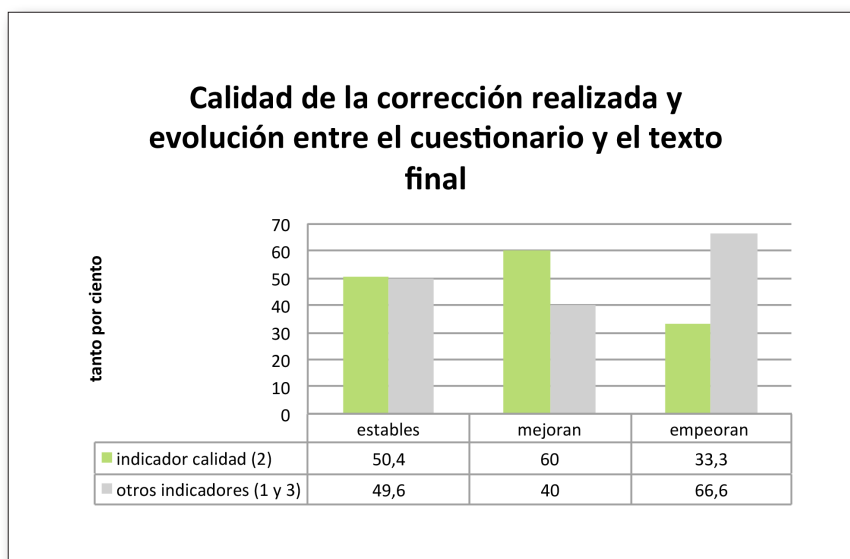


Fig. 18. Porcentaje de indicadores de corrección de calidad, en la corrección realizada, de acuerdo con la evolución de los alumnos entre el final del cuestionario y el texto final T2.

Los alumnos que mejoran han sido también los mejores correctores. Han obtenido el 60% de indicadores de calidad 2. Los alumnos que se han mantenido estables han sido correctores de menor calidad, han obtenido en el 50,4% de los indicadores 2. En cambio, los alumnos que empeoran han sido también los que han corregido peor. Estos alumnos han hecho correcciones de menor calidad, dado que han obtenido el 33,3% de indicadores 2. Podemos decir, por tanto, que, en general, los que han hecho una corrección de menor calidad han escrito textos finales de menor calidad.

Hay una relación directa entre el número de indicadores de calidad y la eficacia de las correcciones. Los beneficios de una buena corrección se observan en dos direcciones, tanto cuando la corrección recibida es de mayor calidad como cuando el alumno corrector hace una buena corrección. Los alumnos que acumulan más indicadores de calidad en la corrección que han recibido son los que mejoran más. Del mismo modo, los alumnos que se mantienen en los grupos de mayor nivel también son los que han recibido mejores correcciones, mientras que, al contrario, las correcciones de peor calidad se concentran en los que empeoran o se mantienen en niveles bajos. Hay que destacar que no mejoran solo los alumnos que han sido mejor corregidos, sino que los alumnos que han sido más buenos correctores también son los que más han mejorado. Tomar conciencia de los propios errores se puede conseguir de las dos maneras: a partir de las indicaciones recibidas durante la corrección, pero también cuando se revisa el trabajo de otro alumno y se hace una buena corrección.

## CONCLUSIONES Y CONSECUENCIAS DIDÁCTICAS

En los casos estudiados hay una relación directa entre el conocimiento del patrón estructural y el patrón temático. Después de trabajar el patrón estructural de los textos justificativos conjuntamente con el patrón temático de la generación espontánea y el origen de los seres vivos, los textos escritos obtienen mejor calificación. Se podía esperar que los textos escritos (T2) tuvieran un patrón estructural de mayor calidad que los textos escritos sin haber trabajado el patrón estructural explícitamente. Esta hipótesis se cumple, pero los datos de esta investigación también muestran claramente que la mejora en el patrón estructural de los textos va acompañada de una mejora en el patrón temático. Los alumnos no solo han escrito mejores textos desde el punto de vista formal, sino que han mostrado que entendían más los conceptos sobre los que escribían.

Trabajar conjuntamente el patrón temático y el patrón estructural mejora la calificación de los textos. Sin embargo, la elaboración de la base de orientación no es suficiente para mejorar todos los aspectos estudiados, aunque creemos que la comparación de los textos justificativos y la discusión de sus características contribuyeron a la reflexión y facilitaron el acercamiento entre los modelos de los alumnos a los modelos aceptados científicamente. Diferentes estudios indican que el aprendizaje es más efectivo cuando hay una participación activa, diálogo e interacción (Alexander, 2008; Mercer y Littleton, 2007). Estas mejoras se relacionan en gran parte con el hecho de haber elaborado conjuntamente la base de orientación y recordado, aunque sea de forma parcial, los pasos que hay que seguir antes, durante y después de escribir el texto justificativo. La mejora se ha producido de una manera bastante rápida en los aspectos mencionados anteriormente, dado que dependen en gran parte del hecho de recordar y entender los criterios de la base de orientación. En cambio, hay aspectos para mejorar que no dependen de una manera tan directa del método de trabajo empleado. El nivel de pertenencia no ha mejorado sustancialmente por el hecho de trabajar de forma más organizada. Aunque el alumno recuerde qué es lo pertinente al escribir el texto que se le pide, le puede ser difícil redactarlo. Por ejemplo, si un alumno no se ha apropiado del modelo de ser vivo, difícilmente podrá hacer la referencia pertinente a la necesidad de tener un progenitor cuando justifique su punto de vista sobre la generación espontánea. Coincidimos con Osborne (2009) en que se requiere un trabajo más prolongado y

reiterativo con profundización en muchos aspectos del patrón temático, porque mejorar la capacidad de discernir qué es pertinente y qué no lo es depende mucho más de la acumulación de experiencia, de la capacidad de relacionar diferentes conocimientos, de la evolución y de la madurez del alumno y, por tanto, como hemos comprobado, trabajar una única vez con la base de orientación no mejora prácticamente el nivel de pertenencia de los textos.

También creemos que el trabajo previo, antes de escribir, en el que se discutió la dificultad de establecer qué son hechos y qué son interpretaciones, las características de las justificaciones sobre puntos de vista distintos y sobre razonamientos sólidos y débiles contribuyó a mejorar la habilidad de escribir textos justificativos. Este tipo de discusiones son un buen medio para ayudar a mejorar la calidad de su razonamiento, teniendo en cuenta que las discusiones requieren ser reguladas siempre por el profesor (Osborne, 2010).

La reflexión previa, pensar sobre qué se quiere decir y con qué finalidad, la organización de las ideas y la revisión posterior del texto producido son estrategias que se pueden aplicar inmediatamente después de tomar conciencia de su importancia y que ayudan a la evolución de los modelos de los alumnos. La mejora reflejada en los textos se puede relacionar con la toma de conciencia por parte de los estudiantes de la importancia de entender las demandas, de atender cuidadosamente todos los apartados y seguir una pauta de trabajo. Las estrategias seguidas a lo largo de la secuencia didáctica, como son la comparación de diferentes justificaciones, la negociación de la base de orientación para escribir buenas justificaciones y las actividades de evaluación entre iguales han contribuido a esta toma de conciencia.

Es razonable pensar que la apropiación de las ideas trabajadas en la base de orientación tendrá resultados inmediatos en aquellos aspectos más fáciles de corregir, como los más relacionados con el método de trabajo, la anticipación de la acción, la organización y la revisión del trabajo hecho, mientras que el resto de aspectos mejorará a medida que se practique escribiendo justificaciones en la clase de Ciencias.

Por otro lado, el trabajo de la evaluación entre iguales, basado en los criterios establecidos en la base de orientación construida conjuntamente con todo el alumnado, se ha mostrado como una herramienta eficaz en la mejora de los textos finales producidos. La mejora afecta a aspectos relacionados tanto con el patrón estructural como con el patrón temático. Incluso algunos alumnos que partían de un nivel inicial bajo han conseguido escribir textos con el nivel máximo de calificación después de participar en estas actividades de evaluación entre iguales. Aunque un pequeño núcleo de alumnos ha sido resistente y se ha mantenido a lo largo de toda la secuencia en el nivel bajo, el rendimiento global ha sido notable. Coincidimos con diversos autores (Hallden, 1988; Baker, 1991) en que las dificultades de los alumnos para expresar por escrito sus ideas con una cierta estructura van más allá del ámbito de los conocimientos conceptuales y se sitúan en el ámbito de la metacognición. Compartir los objetivos, apropiarse de los criterios con los que será evaluada su producción y facilitar la identificación y comprensión de sus errores contribuye a aprender a razonar.

## AGRADECIMIENTOS

Investigación realizada en el marco del grupo LIEC (Lenguaje y Enseñanza de las Ciencias), financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad (referencia EDU-2012-38022-C02-02). El grupo LIEC forma parte del grupo de investigación consolidado LICEC (referencia 2014SGR1492).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAM, J. M. (1992). *Les textes: types et prototypes. Récit, description, argumentation, explication et dialogue*, Paris, Nathan Université, coll. Fac. Linguistique.
- ALEXANDER, R. J. (2008). *Towards Dialogic Teaching. Rethinking classroom talk*. York: Dialogos.
- BAKER, L. (1991). Metacognition, reading and science education, en Santa, C. M. y Alvermann, D. (eds.). *Science learning: Processes and applications*. Newsdale, Delaware: International Reading Association.
- BLISS, J. y OGBORN, J. (1983). *Qualitative Data Analysis for educational research. A guide to uses of systemic networks*. Londres: Croom Helm.
- CUSTODIO, E. (2011). *Els textos justificatius en l'aprenentatge de les ciències a secundària*. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. Disponible en línea: <[www.educacion.gob.es/teseo/imprimir-FicheroTesis.do?fichero=25974](http://www.educacion.gob.es/teseo/imprimir-FicheroTesis.do?fichero=25974)>.
- CUSTODIO, E. y SANMARTÍ, N. (2005). Mejorar el aprendizaje en la clase de ciencias aprendiendo a escribir justificaciones. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra. VII Congreso, Formato electrónico.
- DUVAL, R. (1993) Arguenter, démontrer, expliquer: continuité ou rupture cognitive? *A Petit x*, n. 31.
- ERDURAN, S.; SIMON, S. y OSBORNE, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88, pp. 915-933.  
<http://dx.doi.org/10.1002/sc.20012>
- FINOCCHIARO, M. A. (2005). *Arguments about arguments. Systematic, criticals and historical essays in logical theory*. New York, Cambridge University Press.  
<http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511527517>
- GARCÍA, P.; IZQUIERDO, M. y SANMARTÍ, N. (2002). Aprender ciencias aprendiendo a escribir ciencias. *Aspectos didácticos de las ciencias naturales (Biología)*, 8, pp. 141-174.
- GARCÍA-DEBANC, Cl. (1994): Apprendre à justifier par écrit une réponse: Analyses linguistiques et perspectives didactiques, *Pratiques*, n. 84.
- HALLDEN, O. (1988): The evolution of the species: pupil perspectives and school perspectives. *International Journal of Science Education*, vol. 10(5), pp. 541- 552.  
<http://dx.doi.org/10.1080/0950069880100507>
- IZQUIERDO, M. y RIVERA, L. (1997). La estructura y la comprensión de los textos de ciencias. *Alambique*, 11, pp. 24-33.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. (1998). Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), pp. 203-216.
- JORBA, J.; GÓMEZ, I. y PRAT, A. (coords.) (1998). *Parlar i escriure per aprendre*. Barcelona: ICE/UAB. Versión española: *Hablar y escribir para aprender*. Barcelona: Rosa Sensat.
- KEOGH, B. y NAYLOR, S. (2007). Talking and thinking in science, *School Science Review* 2007, vol. 88; n.º 324, pp. 85-92.
- LEMKE, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- MERCER, N.; DAWES, L.; WEGERIF, R. y SAMS, C. (2004) Reasoning as a scientist: ways of helping children to use language to learn science. *British Educational Research Journal*, 30(3), pp. 359-377.  
<http://dx.doi.org/10.1080/01411920410001689689>
- MERCER, N. y LITTLETON, K. (2007) *Dialogue and the Development of Children's Thinking: A sociocultural approach*. Abingdon and New York: Routledge.
- MILLAR, R. y OSBORNE, J. (1998). Beyond 2000: Science education for the future. London: King's College. En Myers, G. (1990). *Writing biology*. Madison, WI: University of Wisconsin Press.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1995). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- OSBORNE, J. (2009). Hacia una pedagogía, más social en la educación científica- El papel de la argumentación. *Revista de educación química*. Vol. XX, pp. 156-165.
- OSBORNE, J. (2010). Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse. *Science*, 328, pp. 463-466.  
<http://dx.doi.org/10.1126/science.1183944>
- SARDÀ, J. y SANMARTÍ, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), pp. 405-422.
- SCHWARZ, B. B.; NEUMANN, Y.; GIL, J. e ILYA, M. (2003). Construction of collective and individual knowledge in argumentative activity. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(2), pp. 219-256.  
[http://dx.doi.org/10.1207/S15327809JLS1202\\_3](http://dx.doi.org/10.1207/S15327809JLS1202_3)
- SUTTON, C. (1997). Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Alambique*, 12, pp. 8-32.
- THAGARD, P. (1992). *Conceptual Revolutions*. USA: Princeton University Press.
- TIBERGHIE, A. (2009). Foreword, en Erduran, S. y Jiménez-Aleixandre, M. P. (eds.): *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research*. Dordrecht: Springer.
- TOULMIN, S. E. (1993). *Les usages de l'argumentation*. París: PUF.
- VON AUFSCNAITER, C.; ERDURAN, S.; OSBORNE, J. y SIMON, S. (2008). Arguing to learn and learning to argue: case studies of how students' argumentation relates to their scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), pp. 101-131.  
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.20213>
- VAN DIJK, T. A. (1989) *La ciencia del texto. Un enfoque interdisciplinario*. Barcelona: Paidós Comunicación.

## CUESTIONARIO-GUÍA

### El origen de los seres vivos

Actividad previa: al coger el bote de la harina de un estante de la cocina te das cuenta de que en el bote, que hace tiempo que nadie ha abierto, además de harina, hay gusanos.

### La generación espontánea

El origen de los seres vivos ha sido siempre un fenómeno misterioso. Desde la Antigüedad, la humanidad ha tratado de explicarlo de diferentes maneras. Aristóteles, en el siglo IV a. C., creía que los seres vivos sencillos se podían originar espontáneamente. Su prestigio era tal que sus ideas sobre el origen de los seres vivos no se discutieron durante mucho tiempo. A lo largo de muchos siglos se creyó que ciertos seres vivos, como por ejemplo insectos o gusanos, podían originarse no solo a partir de sus progenitores, sino también directamente del barro, del estiércol y otras materias inertes.

### Los experimentos de Van Helmont

Entre las muchas recetas que existían para la obtención de seres vivos por generación espontánea está la que propuso Van Helmont a principios del siglo XVII: se llena de trigo un recipiente que se cierra con una camisa sucia. Un fermento procedente de la camisa, transformado por el olor de los granos, transforma en ratones el propio trigo. Los ratones que provienen del trigo y de la camisa no son pequeños, ni están en época de mamar, sino que están muy bien formados y pueden saltar.

1. Haz una lista de lo que Van Helmont consideró hechos. ¿Crees que alguno de estos hechos se consideraría actualmente interpretaciones más que hechos?
2. Escribe con tus palabras cómo justifica Van Helmont los hechos observados.

### Los trabajos de Redi

Uno de los primeros en cuestionarse la generación espontánea fue Francesco Redi (1626-1697). Redi no creía en la generación espontánea. Su hipótesis era que los organismos que aparentemente surgen de manera espontánea no se formaban allí donde aparecían, sino que provenían de otro lugar. Para comprobar la hipótesis hizo el siguiente experimento: «Puse algunos peces y unos trozos de carne en ocho frascos grandes y de boca ancha. Tapé y precinté cuatro y los otros cuatro los dejé completamente abiertos. Al poco tiempo la carne y el pescado se llenaron de gusanos y observé que había moscas que entraban y salían de los frascos. En los botes tapados no observé ni un gusano, aunque hubieran pasado muchos días. Repetí el experimento en otras estaciones, con otros tipos de frasco...».

3. Imagínate que Redi tiene que escribir un artículo defendiendo sus ideas y en contra de las teorías anteriores (Aristóteles, Van Helmont, etcétera). Gracias al diseño del experimento que hizo (dejar algunos botes abiertos y otros cerrados, repetir el experimento en condiciones diferentes), observó lo que no había visto Van Helmont. Escribe un texto que hubiera podido escribir Redi justificando sus teorías.
4. En aquella época no todo el mundo quedó convencido con el experimento. Más tarde, otros científicos introdujeron algunos cambios. Relee el experimento de Redi. Haz una lista de posibles críticas que se pudieran hacer, en aquel momento, a su experimento.
5. Ahora justifica por qué el experimento de Redi demostró o no, rotundamente, que la teoría de la generación espontánea es falsa. Justifica la respuesta.

---

# Learning to justify scientifically by studying the origin of living beings

Enric Custodio

Departament d'Ensenyament. Generalitat de Catalunya

ecustodi@xtec.cat

Conxita Márquez, Neus Sanmartí

Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona

Conxita.Marquez@uab.cat, Neus.Sanmarti@uab.cat

This paper presents an investigation on learning science through writing texts to justify the origin of living beings with students aged 14.

According to Lemke (1997), speaking and writing science *always combines a thematic pattern of semantic relationships with a structural pattern for organizing how we will express them. Students need to be taught both the thematics of science and the genres of science* (description, justification...). Our hypothesis is that working the thematic as well as structural patterns in an integrated way helps students to write better texts to justify observations or scientific facts.

The two main goals of this research are, first, to know which features of justificative texts make them highly rated by teachers and, based on the findings, to compare students' texts before and after working the thematic and structural patterns in an interrelated manner; and, second, to assess the influence of peer assessment activities in this learning process.

Students were asked to write two texts. The first one was about how living beings had been classified in several ways until now, and how to justify changes in the classification (from animals and plants to the five kingdoms). Later, they were asked to write a text about the origin of living beings and how Van Helmont and Redi justified their point of view concerning spontaneous generation. They followed a similar lesson plan for both topics (presentation of the problem and context, discussion of different points of view, changes in historical views...), however, in the first sequence, regarding the classification of organisms, they were taught only about the thematic pattern. In contrast, during the second sequence, the origin of living things and spontaneous generation, they worked both structural and thematic patterns through the discussion of features of texts they consider well written, the elaboration of a rubric about justificative texts and peer assessment work.

Both texts were analysed before and after working the structural pattern from several aspects such as relevance, accuracy, volume of knowledge, completeness and text organisation.

The results show that students write better justificative texts after working simultaneously the structural and thematic patterns, improving both their structure and their understanding of scientific concepts. In addition, the peer assessment activities have been effective: the number of students admitting the possibility of spontaneous generation or giving no reasons for their point of view before the assessment activities had been reduced to half after the peer assessment.

We relate these improvements to the discussion and elaboration of the rubric about writing a justification text. These activities had helped students to remember, even partially, the steps to follow before, during and after writing their justification. The majority of analysed aspects had improved, since they depend largely on the fact of remembering and understanding the rubric criteria. However, some aspects, such as relevance, have not substantially improved even if they work in a more organized way.

On the other hand, peer assessment, based on the criteria of the rubric, has proven to be an effective tool in improving texts. This improvement affects both the structural pattern and the thematic pattern.

The difficulties of students to express their ideas in writing with a certain structure are beyond the scope of conceptual knowledge and are in the field of metacognition. Sharing the objectives and criteria about the assessment of their text, makes the identification and understanding of their mistakes easier and contributes to learn how to argue.

