

---

# La evaluación formativa como elemento para visibilizar el desarrollo de competencias en ciencia y tecnología y pensamiento crítico

Formative assessment as element to make visible the development of competences in science and technology and critical thinking

构成性评估是显示科学技术和批判性思维能力发展的要素

Формирующее оценивание как элемент, позволяющий проявить развитие компетенций в области науки и техники и критического мышления

---

**Vanessa Ortega-Quevedo**

Universidad de Valladolid

vanessa.ortega@uva.es

<http://orcid.org/0000-0002-5742-4678>

**Cristina Gil Puente**

Universidad de Valladolid

cgil@dce.uva.es

<http://orcid.org/0000-0001-5794-5564>

---

## Fechas · Dates

Recibido: 2019-10-20

Aceptado: 2020-06-19

Publicado: 2020-06-31

---

## Cómo citar este trabajo · How to Cite this Paper

Ortega-Quevedo, V., & Gil, C. (2020). La evaluación formativa como elemento para visibilizar el desarrollo de competencias en ciencia y tecnología y pensamiento crítico. *Publicaciones*, 50(1), 275–291. doi:10.30827/publicaciones.v50i1.15977

## Resumen

Este artículo presenta una experiencia elaborada con el fin de procurar la mejora de la alfabetización científica y las capacidades de Pensamiento Crítico (PC) de estudiantes de Educación Primaria. La implementación de esta propuesta ha tenido lugar en cuatro centros de Educación Primaria de Segovia, concretamente en el área de Ciencias de la Naturaleza. El análisis de resultados es cualitativo y se realiza mediante un análisis por momentos de observación y tratamiento de categorías. Los resultados obtenidos permiten observar como la interacción entre estudiantes, junto con las aportaciones de la docente (evaluación formativa) es un elemento destacable en el proceso de reconstrucción de conocimientos sobre la energía, la ejecución de procesos de PC y las reflexiones sobre cuestiones socio-científicas. La experiencia permite concluir que los estudiantes han mejorado sus capacidades de PC y su alfabetización científica a la par que han mejorado sus conocimientos sobre la energía.

---

Palabras clave: Naturaleza de la Ciencia; Pensamiento Crítico; Evaluación formativa; Ciencias de la Naturaleza; Energía

---

## Abstract

This article presented an experience elaborated in order to improve the scientific literacy and Critical Thinking (CT) skills of Primary Education students. The implementation of this proposal has been made in four primary education schools in Segovia, in the area of Natural Sciences. The analysis of results is qualitative, through an analysis by moments of observation and treatment of categories. The results obtained allow us to observe how the interaction between students, together with the contributions of the teacher (formative assessment) is a remarkable element in the process of reconstruction of knowledge about energy, the execution of CT processes and reflections on socio-scientific issues. The experience allows us to conclude that students have improved their CT skills and scientific literacy while improving their knowledge of energy.

---

Keywords: Natural of Science; Critical Thinking; Formative Assessment; Natural Science; Energy

---

## 概要

本文介绍了旨在寻求提高小学教育学生的科学素养和批判性思维(PC)能力的一个经验。这项项目已经在塞哥维亚的四所小学实施,具体来讲是在自然科学领域。对结果的分析研究采用了定性方法,通过观察和处理类别的方式进行分析。研究表明,我们能够观察到学生之间的互动以及老师的贡献(构成性评估)是重建有关能源的知识,使用电脑以及思考社会科学问题的重要元素。经验表明,学生的个人电脑技能和科学素养得到了提高,而他们的能量知识也得到了提高。

---

关键词: 科学属性; 批判性思维; 构成性评估; 自然科学; 能量

---

## Аннотация

В данной статье представлен опыт, разработанный с целью повышения уровня научной грамотности и навыков критического мышления (PC) учащихся начальной школы. Реализация этой работы осуществлялась в четырех центрах начального образования в Сеговии, в частности в области естественных наук. Анализ результатов является качественным и проводится с помощью анализа по моментам наблюдения и

procesos de aprendizaje. Los resultados de la investigación muestran que el pensamiento crítico mejora el rendimiento académico y el compromiso de los estudiantes. El estudio sugiere que el pensamiento crítico es una habilidad esencial para el éxito académico y profesional. Los resultados de la investigación sugieren que el pensamiento crítico mejora el rendimiento académico y el compromiso de los estudiantes. El estudio sugiere que el pensamiento crítico es una habilidad esencial para el éxito académico y profesional.

---

Clave palabras: Ciencias naturales; pensamiento crítico; evaluación formativa; ciencias naturales; energía

---

## Introducción

El Pensamiento Crítico (PC) y su desarrollo es un constructo estudiado desde hace décadas. Sin embargo, la evolución social que ha tenido lugar requiere que la población mantenga un alto desarrollo de las disposiciones y capacidades relacionadas con el PC. Estudios como el informe *Work Skills 2020* (Davies, Fidler, & Gorbis, 2011) prevé que en dicho año se requerirán capacidades y disposiciones de PC para ocupar la mayor parte de los puestos de trabajo. No obstante, el sistema educativo español, a pesar de que contempla esta necesidad en La Ley Orgánica 8/2013 de 9 de diciembre para la mejora de la calidad educativa (LOMCE), donde se expone que “es necesario adquirir desde edades tempranas competencias transversales, como el Pensamiento Crítico” (p.97860); no incluye un tratamiento explícito para el desarrollo de esta forma superior de pensamiento.

Desde este estudio se defiende la necesidad de asumir la formación de los discentes en PC de forma que estos puedan: “aprender a pensar (realizar procesos de identificación, análisis, evaluación etc. de la información) y a obtener una autonomía intelectual mediante el desarrollo de los procedimientos propios del componente disposicional del PC” (Ortega-Quevedo & Gil, 2019, p.168).

Del mismo modo, la alfabetización científico-tecnológica – aprendizajes relacionados con la ciencia y la tecnología que sean útiles para desenvolverse en la sociedad actual (conocimientos con base científica que permiten adoptar posturas frente a decisiones relacionadas con componentes científico-tecnológicos o comprender cómo afectan determinadas decisiones científico-tecnológicas a la sociedad y el medio ambiente) (Pedrinaci, Caamaño, Cañal, & de Pro, 2012; Vázquez-Alonso, & Manassero-Mas, 2012) – es un objetivo de la didáctica de las ciencias experimentales desde hace tiempo, cuya consecución apremia. En la actualidad, el progreso científico-tecnológico aumenta y, por ende, sus impactos sociales; lo cual hace que el desarrollo de dicha alfabetización sea determinante (Bennássar, Vázquez-Alonso, Manassero-Mas, & García-Carmona, 2010).

Estas cuestiones ya se recogían en el Programa Marco de Investigación e Innovación de la Unión Europea Horizonte 2020 (s.f.) el cual incluía ya entre sus objetivos el “promover y facilitar la comprensión de la Investigación e Innovación responsable mediante acciones como el desarrollo de los intereses y capacidades de los ciudadanos hacia la ciencia, de forma que puedan participar activamente en actividades científicas”. No obstante, este proceso de alfabetización científica aún necesita un mayor desarrollo.

Tomando como referencia las reflexiones expuestas, se pretende dar respuesta a la necesidad de desarrollar, tanto el PC, como la alfabetización científica. Más concreta-

mente, se toma como objetivo el desarrollo de tres capacidades del PC y cuatro concepciones sobre Naturaleza de la Ciencia (NdC) que como la literatura científica indica es un elemento clave para el desarrollo de la alfabetización científica (Vázquez-Alonso & Manassero-Mas, 2012). Asimismo, se aboga por el desarrollo conjunto de estos dos constructos, puesto que las capacidades y disposiciones asociadas al PC se identifican con las competencias atribuidas a los científicos (Manassero & Vázquez, 2017).

## Estado de la cuestión

Una vez presentada la finalidad principal del estudio se pasa a delimitar los constructos abarcados: capacidades de PC y consensos concretos sobre NdC, así como el elemento didáctico clave, la evaluación formativa.

## Capacidades de PC estudiadas

Existen múltiples definiciones de PC (Facione, 1990; Ennis, 1996; Lipman, 1991; Paul, 2005;) y de ellas se puede deducir que el PC es un conjunto de procesos empleados de forma deliberada para determinar algo. La aplicación de estos procesos pone en ejecución distintas capacidades que permiten llegar a una conclusión y evaluar el proceso de razonamiento que se ha seguido hasta llegar a la misma (Valenzuela & Nieto 2008; da Silva & Rodríguez, 2011; Ortega-Quevedo, Gil, 2019). Del conjunto de definiciones se extrae también la existencia de dos componentes de PC, uno disposicional y otro cognitivo. Este estudio se centra en tres capacidades del componente cognitivo, conforme a la taxonomía de Halpern (2014): razonamiento verbal, análisis argumental y comprobación de hipótesis.

Cada una de estas capacidades se dividen en destrezas (Halpern, 2014). A grandes rasgos, el razonamiento verbal contempla los conocimientos sobre el lenguaje cotidiano que permiten identificar ambigüedades o analogías en el discurso argumental; el análisis argumental se centra en reconocer los componentes de un argumento (razones, contraargumentos, conclusiones...); y la comprobación de hipótesis procura la comprensión de la generalización mediante el reconocimiento de una muestra pertinente y su validez.

## Concepciones de NdC estudiadas

En esta investigación se entiende que NdC es un metaconocimiento sobre ciencia que abarca aspectos epistémicos de la ciencia, aspectos de sociología interna y externa de la ciencia y aspectos que contemplan la relación ciencia, tecnología y sociedad (Acevedo-Díaz, Aragón-Mendez, & García-Carmona, 2018).

En concreto, se van a abordar cuatro consensos extraídos y adaptados del Cuestionario de Opinión sobre Ciencia Tecnología y Sociedad (COCTS) (Manassero, Vázquez, & Acevedo, 2001). Dos de estos ítems se corresponden con la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad (40211 y 40311) y dos con la construcción social de la tecnología (80131 y 80211). De dichos ítems se puede extraer:

- 40211: Las decisiones sobre los asuntos científicos deberían tomarse de forma compartida o incluso podrían ser tomadas por los ciudadanos informados y

aconsejados por científicos e ingenieros. Las opiniones de científicos, ingenieros y los ciudadanos informados deberían tomarse en cuenta porque estos asuntos afectan a la sociedad.

- 40311: Siempre se necesita que haya un equilibrio (compromiso) entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología.
- 80131: Cuando se desarrolla una nueva tecnología (por ejemplo, un ordenador nuevo o una nueva medicina), puede ser puesta en práctica o no. La decisión de usar una nueva tecnología depende de que las ventajas para la sociedad compensen las desventajas, de su eficiencia, de las ganancias que proporcione y del tipo de tecnología que se trate.
- 80211: El desarrollo tecnológico no puede ser controlado por los ciudadanos, porque quienes tienen el poder para desarrollar la tecnología evitan que estos lo controlen.

## La evaluación como elemento clave para el desarrollo

Ahora bien, para integrar la enseñanza explícita y transversal de estas capacidades y concepciones hay que desarrollar un modelo didáctico coherente con estas, que favorezca la discusión y la reconstrucción del conocimiento. De este modo se señala que el aspecto clave del modelo didáctico propuesto es la evaluación, pues solo a través de este proceso cobra sentido el componente innovador de la secuencia de enseñanza propuesta (Biggs, 2005; Bonsón & Benito, 2005; Dochy, Segers, & Dierick, 2002). En consecuencia, se pasa a desarrollar la forma de entender la evaluación que se sostiene en este proyecto, como parte importante para comprender la esencia de la secuencia didáctica elaborada e implementada.

Así pues, se entiende que la evaluación formativa es un proceso cuya finalidad principal radica en mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje (López-Pastor & Pérez-Pueyo, 2017). Esta propuesta de evaluación se integra de un modo mimético en el proceso de enseñanza-aprendizaje, de forma que la evaluación no se produce de forma aislada y estática, sino que es global y se aplica inherente a la actividad didáctica (Rosales, 1988; Rotger, 1990). Por consiguiente, la SEA propuesta va a seguir estos criterios fomentando continuos espacios para la aportación de *feed-back* que permitan al alumnado progresar en la construcción de las entidades y la transformación del conocimiento. De este modo, la evaluación posee carácter flexible, adaptado al contexto educativo y a los objetivos de aprendizaje. Más concretamente, se apuesta por un modelo de evaluación formativa altamente discursivo, lo cual se ajusta al modelo comunicativo-crítico propuesto por Quinquer (2000). Este modelo entiende el aprendizaje como una construcción personal del estudiante, da importancia a las mediaciones que tienen lugar entre todas las personas implicadas en el proceso de enseñanza y considera primordial favorecer la autonomía en los estudiantes. Este proceso comunicativo se repetirá en lo que posteriormente identificaremos como momentos de observación.

## Contexto

La propuesta didáctica presentada se ha implementado en un total de siete grupos de discentes de 6º curso de Educación Primaria, distribuidos en un total de cuatro centros

educativos públicos de Segovia (Tabla 1). La propuesta se ha llevado a cabo por la misma docente en todos los grupos.

Tabla 1

*Contexto de implementación y muestra*

Centro	Nivel sociocultural de las familias	Líneas participantes	Total estudiantes
1	Medio-alto	1	19
2	Medio	2	43
3	Medio-bajo	1	19
4	Bajo	2	36
Total			117

## Material

La secuencia diseñada e implementada consta de tres sesiones de una hora aproximada de duración. Cada una de ellas se subdivide en tres partes: rutina de pensamiento y puesta en común; presentación dialógica de contenidos curriculares; y realización de fichas de consolidación y tertulias asociadas. En cada una de estas partes los momentos comunicativos son fundamentales para el aprendizaje y el correcto desarrollo de la secuencia. Con el fin de visibilizar la reconstrucción de los conocimientos de los estudiantes, tras estos momentos de interacción, se permite o induce a los discentes a que reformulen las respuestas que dan a cada una de las actividades escritas, en caso de que lo estimen conveniente.

En cada una de estas sesiones se trabajan contenidos curriculares del bloque 4 “Materia y Energía” y de forma transversal y explícita se contemplan las capacidades de PC estudiadas, así como las concepciones científicamente correctas sobre NdC. El tratamiento explícito de los contenidos transversales se realiza en los espacios de puesta en común y debate de cada una de las actividades, dedicando tiempo a la enseñanza de los elementos teóricos científicamente correctos expuestos en el epígrafe 2 “Estado de la cuestión”. La introducción de estos contenidos se realiza de forma paulatina tal y como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

*Contenidos de la secuencia didáctica por sesión*

Sesión			1	2	3
Actividad	Inicial	Descripción	Rutina de pensamiento: generar, clasificar, conectar y elaborar	Rutina de pensamiento: veo, pienso, me pregunto	
		Contenidos curriculares	Concepto de energía, propiedades de la energía y manifestaciones de la energía	Impactos ambientales relacionados con la energía	
		Contenidos transversales del estudio	Influencia de la Ciencia y la Tecnología en la Sociedad (ICTS), razonamiento verbal, argumentación	ICTS razonamiento verbal, argumentación y comprobación de hipótesis	
Desarrollo	Descripción	Descripción	Se genera un diálogo con el alumnado (escuchan preguntan)		
		Contenidos curriculares	Concepto de energía, propiedades de la energía y manifestaciones de la energía	Impactos ambientales relacionados con la energía, y fuentes de energías renovables y no renovables	Fracturación hidráulica y sus consecuencias
		Contenidos transversales del estudio	ICTS, razonamiento verbal, argumentación	ICTS, razonamiento verbal, argumentación y comprobación de hipótesis	ICTS, Construcción Social de la Tecnología (CST), razonamiento verbal, argumentación y comprobación de hipótesis
Consolidación	Descripción	Descripción	Se realiza una ficha por parejas que contiene preguntas que inducen a la reflexión. Seguidamente se ponen en común dichas respuestas generando debates.		
		Contenidos curriculares	Concepto de energía, propiedades de la energía y manifestaciones de la energía	Impactos ambientales relacionados con la energía, y fuentes de energía renovables y no renovables	Fracturación hidráulica y sus consecuencias
		Contenidos transversales del estudio	ICTS, razonamiento verbal, argumentación	ICTS, razonamiento verbal, argumentación y comprobación de hipótesis	ICTS, razonamiento verbal, argumentación y comprobación de hipótesis

Nota. Tomado de Ortega-Quevedo, Gil (2019, p.173)

## Técnicas de recogida de datos y método de análisis

En primer lugar, la docente/investigadora efectúa una recogida de datos mediante la técnica de observación participante, donde recoge, después de cada sesión, las impresiones sobre una serie de ítems a observar (categorías de análisis cualitativo) y las plasma en un diario de clase. Estos Momentos de Observación (MO) se identifican en cada una de las partes de las estructuras de las sesiones, sin embargo, en este artículo se limita el análisis de datos a los MO correspondientes con las tertulias basadas en las fichas de consolidación de cada una de las sesiones. Así pues, el MO1 se corresponde con la tertulia de la primera sesión y así sucesivamente.

En segundo lugar, se recogen las producciones infantiles denominadas “fichas de consolidación” para su análisis. Estas fichas recogen una serie de preguntas con carácter socio-científico que inducen a la reflexión. En concreto, se analizan las respuestas iniciales que los discentes dan a las distintas preguntas, así como las reconstrucciones que los discentes realizan tras la tertulia mediante el empleo de categorías de análisis cualitativo.

Una vez presentadas las técnicas de recogida de datos se plasman las categorías de análisis (Tabla 3). Para la elaboración de estas categorías se han tenido en cuenta los factores de estudio relacionados con el PC y con las concepciones de la NdC, pero de forma paralela se han querido analizar cuestiones relacionadas con la energía, pues es el contenido curricular del que se parte y se considera interesante analizar cómo afecta el desarrollo de los constructos de estudio al aprendizaje del contenido.

Tabla 3

*Categorías para el análisis cualitativo*

---

A	Toma de decisiones con respecto a los asuntos científicos.
B	Los equilibrios entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología.
C	La dependencia del uso de una nueva tecnología.
D	El control del desarrollo tecnológico.
E	Comprobación de hipótesis.
F	Análisis de argumentos.
G	Razonamiento verbal.
H	Conceptos relativos a la energía y su relación con la sociedad.

---

Finalmente, con el objetivo de triangular el análisis de la información recogida se analiza el contenido del diario de observación por cada una de las preguntas de las fichas de consolidación correspondientes a los MO. En base a este criterio, se elabora el sistema de codificación presentado en la Tabla 4.



Tabla 4

*Codificación momentos de observación y preguntas de consolidación*

MO1/ficha de consolidación 1	MO1.1	MO1.2	MO1.3	MO1.4	MO1.5
MO2/ficha de consolidación 2	MO2.1	MO2.2	MO2.3	MO2.4	
MO2/ficha de consolidación 3	MO3.1	MO3.2	MO3.3	MO3.4	MO3.5

De esta forma cada una de las transcripciones presentadas se codifican según se expone a continuación. Primero se presenta lo expuesto en la Tabla 4, seguido del origen de la transcripción – Diario (D) o Fichas (F) –, después se presenta el número del centro y grupo – A o B –, si fuera de doble línea, y finalmente el número del grupo de estudiantes en el caso de la transcripción de una ficha. Por ejemplo, una transcripción del momento de observación 1 de la tercera pregunta de la ficha de consolidación realizada por los alumnos del grupo 3 del centro 2 grupo B sería: MO1.3F2B3; y una transcripción del momento de observación 2 de la tercera pregunta recogida por la docente en el diario en el centro 4 sería: MO2.3D4.

## **Análisis de resultados**

### **M01**

Conforme a lo expuesto por la docente en el diario se observa una pauta común a todos los centros (a excepción del cuarto) que consiste en el intento de los estudiantes con un mayor nivel de aprendizaje de mantener la posición dominante en el debate.

los discentes que han transferido más conocimientos realizan argumentaciones fundamentadas para completar las intervenciones de sus compañeros de forma continuada. Esto resulta enriquecedor, pero se ha tenido que controlar para que el resto de los estudiantes puedan aportar sus argumentos, en especial en los grupos del centro 2. (MO1D)

En relación con el centro cuatro, se observan problemáticas que requieren modificaciones importantes.

El nivel de conocimientos básicos requerido sobre los contenidos curriculares es insuficiente para poder llevar a cabo la programación. Se necesita dedicar más tiempo a los contenidos curriculares antes de iniciar el tratamiento de los contenidos de NdC. [...] la comprensión de los conceptos relacionados con el PC es muy limitada, al igual que su capacidad discursiva en el aula, se requiere trabajar la metodología comunicativa para que puedan desarrollarse las actividades propuestas. (MO1D4)

Como consecuencia de las carencias detectadas la docente realiza modificaciones en el tiempo dedicado al debate final, lo cual hace que los procesos comunicativos y de

evaluación sean menores que en el resto de centros, pero suficientes para cubrir los objetivos básicos de la sesión.

Tras esta introducción general al MO se pasa a analizar cada una de las preguntas que sustentan el debate.

### MO1.1 – ¿Por qué hay problemas energéticos si la energía está en todas partes? –

Como ejemplo de respuestas iniciales interesantes que, conforme al diario, han suscitado mayor interés en el debate se presenta la del grupo tres del centro uno.

Por ejemplo, hay gente que no tiene energía en sus casas porque no pude pagarla. O porque utilizamos tanto petróleo que en un momento dado se acabará. O porque no sabemos utilizar la que tenemos alrededor. (MO1.1F13)

En esta respuesta, en relación con la categoría H, se observa que los estudiantes tienen conciencia sobre el coste de la energía consumida en los hogares, el agotamiento de determinados recursos energéticos y la degradación de la misma. Este tipo de respuestas haciendo uso de los procedimientos de PC (categorías E, F, G) y contrastando con otras aportaciones, derivan en reformulaciones de hipótesis como:

Inicial: “Porque la energía se gasta. Porque la usamos muchas personas”. Reformulada: “Porque las fuentes no renovables se agotan y los seres vivos no utilizamos adecuadamente la energía de la naturaleza”. (MO1.1F2B9)

En esta reformulación de hipótesis vemos como los discentes abandonan el concepto de “la energía se gasta” comprendiendo que la extinción es de los recursos energéticos no renovables. Además, centran la problemática en el uso adecuado de la energía, punto clave para el tratamiento del resto de preguntas.

### MO1.2 – ¿Es necesario consumir energía? ¿Por qué? –

Inicial: “Si, porque si no <sub>[sic]</sub> no tendríamos ni luz ni calor”. Reformulada: “Si, porque si no <sub>[sic]</sub> no tendríamos ni luz ni calor y porque si no nos moriríamos, no comeríamos y no podríamos respirar”. (MO1.2F4A1)

En esta ocasión el debate se centra en la transformación de la percepción inicial de la “energía como forma de facilitarnos la vida” con la electricidad, la calefacción y la multitud de aparatos electrónicos, a el uso que nuestro cuerpo hace la energía para la realización de las funciones vitales (categoría H). Asimismo, la reconstrucción de hipótesis mediante el análisis del discurso del debate señala la existencia de procesos de PC (categorías E, F y G).

### MO1.3 – ¿Crees que consumimos más energía de la que necesitamos? ¿Por qué? –

“aveces <sub>[sic]</sub> sí. Por que <sub>[sic]</sub> estamos mucho en el ordenador, Tablet, móvil etc”. (MO1.3F4B5)

En estas repuestas encontramos presente el hilo argumental del debate anterior y las reformulaciones son escasas. No obstante, hay respuestas iniciales muy completas

que mantienen un uso correcto del vocabulario y del análisis verbal integrando buenos argumentos en la construcción de la respuesta:

Si <sup>[sic]</sup>. Porque a veces usamos la energía para hacernos la vida más fácil con cosas necesarias, como el uso correcto de los electrodomesticos <sup>[sic]</sup> pero otras veces la malgastamos con cosas que no hacen falta y caprichos como dejar la luz encendida o tener la calefacción muy alta. (MO1.3F15)

#### MO1.4 – ¿Por qué crees que es importante no derrochar energía? –

Con esta nueva pregunta se continúa la línea argumental y de trabajo con respuestas y reconstrucciones.

Inicial: “Porque aunque no se gaste no es la mejor manera de usarla”. Reformulada: “Porque aunque no se gaste no es la mejor manera de usarla. Hay que usar bien los recursos no renovables” (MO1.4F14).

#### MO1.5 – ¿De dónde crees que proviene la energía eléctrica que utilizamos en nuestros hogares? –

Para terminar, se cambia de temática y las perspectivas de transferencia de conocimientos sobre la categoría H se percibe muy ingenua en un primer momento, pero tras la interacción comunicativa se aprecian mejoras con respuestas como las de MO1.5F37 inicial: “Por ejemplo si tenemos frio nos ponemos en el radiador y el calor del radiador nos pega el calor a nosotros”. Reformulada: “La electricidad viene de las centrales eléctricas y el calor de la caldera de la calefacción”

## MO2

En este momento de observación el desfase de contenidos curriculares presentados por el centro cuatro, según lo expuesto en el diario de la docente se acentúa y, por consiguiente, la actividad escuchan-preguntan se extiende de tal modo que no es posible que la actividad de consolidación se realice por completo en los grupos de este centro.

“la mayor parte de los alumnos no han tenido tiempo de contestar a las preguntas 5 y 6 de la ficha base, de modo que el debate ha sido superficial y con escasa participación”. (MO2D4AyB)

Además, la docente percibe poca adaptación a la metodología de evaluación comunicativa.

“Tras una sesión empleando la terminología y metodología programada se esperaba una mayor fluidez y adaptación, no obstante, los discentes necesitan mayores contribuciones para inducir la argumentación comunicativa”. (MO2D4AyB)

Por el contrario, en el resto de los grupos, en especial en el grupo del centro tres, la docente vislumbra una gran adaptación a la terminología (PC) y metodología, lo cual genera actividades más fluidas y la posibilidad de ahondar en cuestiones de NdC.

## MO2.1 – ¿Qué ventajas tienen las formas de energía renovable? ¿Y las no renovables? –

Una de las mejores respuestas presentadas por los miembros del centro cuatro es la de MO2.1F4A3: “renovables: no se gastan y contaminan menos. No renovables: son necesarias por ejemplo, porque los coches necesitan gasolina”. Como se puede apreciar la respuesta es aceptable teóricamente, aunque no muestra conocer el porqué la gasolina es el recurso energético necesario para cuestiones como el transporte. Sin embargo, no completa ni reformula su respuesta tras el desarrollo de la actividad, una tendencia que se mantiene en las producciones del centro como predominante.

Por otra parte, en el resto de los centros, la tendencia tiene a conseguir la siguiente reconstrucción del conocimiento.

Respuesta inicial; “renovables→ no se acaban. No renovables→ se acaban”. Reformulada: “renovables→ no se acaban y la mayoría no contaminan. No renovables →producen más energía con menos cantidad de recursos” (MO2.1F32).

En este caso, aunque no es de los ejemplos más completos, se aprecia como que inicialmente no se presentan ventajas correctas sobre las formas de energía no renovables, sino un contraste entre ambas, mientras que en la reconstrucción sí se presentan dos ventajas observables. A este respecto la docente apunta:

“a todos los estudiantes les han resultado ajenas las ventajas del uso de la energía no renovable, aunque si conocen bien sus desventajas. La mayoría reconocen no haberse preguntando nunca por qué se usan si son tan malas”. (MO2.1D) (categoría H)

En el trabajo de estas cuestiones se reconoce el trabajo de la categoría B, pudiendo reconocer los efectos positivos para identificar un equilibrio con los negativos.

## MO2.2 – ¿Qué recursos energéticos abundan en España? –

Es denominador común que la respuesta inicial a esta pregunta sea la escritura de todos los recursos energéticos que conocen los discentes. No obstante, en las reformulaciones se contemplan a aquellos más abundantes en el territorio español y los más completos incluyen distinción entre renovables y no renovables (categoría H).

## MO2.3 – ¿Crees que es importante saber de dónde procede la energía que consumimos? ¿Por qué? –

En esta pregunta el debate en los centros uno, dos y tres, se dirigió hacia quién tiene el control sobre el tipo de energía está disponible y qué tecnologías energéticas de aprovechamiento de recursos se emplean (categorías A y D). De este modo encontramos respuestas que evolucionan con la siguiente tendencia:

Inicial: “Es importante porque ya que la utilizamos y la consumimos tenemos que saber de donde procede”. Reformulada: “Es importante porque ya que la utilizamos y la consumimos tenemos que saber de donde procede y además hay que conocer que tecnologías hay para conseguir energía y poder decidir cual<sub>[sic]</sub> es la que creemos mejor sabiendo los equilibrios entre lo bueno y lo malo”.

Asimismo, la docente señala cuestiones como:

“la mayoría de los alumnos se sienten frustrados por las dificultades para escoger las inversiones en el desarrollo de tecnologías relacionadas con la energía, estas reflexiones les hacen ver que pueden tomar decisiones acerca del uso de la energía con conocimiento, pero que estas están limitadas por cuestiones políticas y económicas que ellos aun no alcanzan a entender, pero que ya intuyen”. (MO2.3D3) (categorías A, B y D)

#### MO2.4 – ¿Qué formas de obtener recursos energéticos crees que tienen más impactos sobre el medio ambiente? ¿Por qué? –

En esta pregunta se observan respuestas que señalan los peores impactos como aquellos que producen contaminación en el medio ambiente, por emisiones y vertidos, pero también por alteraciones en el paisaje como generación de preseas y explotación minera. Se destaca la importancia de trabajar todos los impactos, como alteraciones en el medio natural, a la vez que los equilibrios de los efectos positivos y negativos de dichos impactos.

### MO3

Este MO es el último y, por ende, el momento culmen de las reflexiones sobre NdC y la ejecución de procesos de PC de modo que todas las categorías se trabajan de forma continuada. No obstante, A la docente señala que el centro cuatro continúa quedando rezagado en estas cuestiones y cómo sus dificultades tanto con los conceptos curriculares base, como con los contenidos transversales les impiden continuar avanzando como al resto de centros.

La escasa asimilación de los conceptos de trabajo de NdC y PC en este centro dificulta el desarrollo de la actividad final, ya que requiere que se implementen todos conjuntamente. [...] El proceso de análisis del discurso verbal del contenido del documental ha resultado muy lento por lo que ha sido imposible completar la actividad de consolidación. Como solución se ha sustituido la actividad escrita de las tres últimas preguntas, por su resolución oral. (MO3D4AyB)

Por otra parte, en el resto de los centros la docente emite conclusiones positivas en relación con la ejecución de procedimientos de PC y del análisis del discurso sobre NdC. Especialmente destaca que en el centro tres: *“al tener conocimientos previos sobre la tecnología fracking el foco de atención se ha centrado más en los elementos de PC y NdC, permitiendo una mayor profundización”*.

#### MO3.1 – ¿Por qué crees que muchos países invierten en centrales de fracking? –

Las respuestas de los estudiantes inicialmente muestran una buena comprensión de la teoría impartida, pero no lo transfieren ni lo relacionan con cuestiones de NdC. Esto se puede apreciar en la siguiente respuesta:

Inicial: “Porque es una forma de conseguir gas fácilmente”. Sin embargo, esto se reconduce tras la interacción comunicativa. Respuesta reformulada: “Porque es una forma de conseguir gas o petróleo fácilmente y se consigue mucho dinero y no les importan las opiniones de los ciudadanos ni el planeta”. (MO3.1F2A6)

### MO3.2 – ¿Cuáles son los posibles impactos que producen o pueden producir las centrales de fracking? –

las respuestas a esta pregunta resultan similares en todos los casos, lo que lleva a apreciar como los estudiantes de todos los centros han captado las nociones teóricas presentadas con el video documental. (MO3.2D)

Por consiguiente, se obtienen respuestas iniciales que comprenden enumeraciones sobre los posibles impactos: terremotos; contaminación de acuíferos, lagos, ríos e incluso seres vivos; radioactividad, malformaciones congénitas, etc.

### MO3.3 – ¿Cuáles crees que son las razones por las que estos impactos no son importantes para las personas que aceptan utilizar centrales de fracking? –

En este caso, las respuestas iniciales del centro tres son las más avanzadas, ya que muestran capacidad de análisis del discurso presentado en el documental, transferencia de contenidos y conocimiento de cuestiones de NdC.

Porque puede haber más empleo y las probabilidades de que ocurran impactos son pocas. Se centran en las ventajas como que hay gas durante 55 años y el empleo y no les importan los impactos. (MO3.3F34)

Por otra parte, el resto del alumnado de los centros uno y dos presentan respuestas finales satisfactorias, aunque no tan completas, en palabras de la docente:

destacan las principales motivaciones expuestas en el documental tratándolas como consecuencias negativas a sopesar en el equilibrio propio de los asuntos científicos y vislumbrando motivaciones del desarrollo de nuevas tecnologías". Por ejemplo: "Ellos se ganan dinero creando empleo y vendiendo el gas, pero no les importa el medio ambiente. (MO3.3F2B8)

### MO3.4 – ¿Te gustaría que hubiera centrales de fracking en España? ¿Por qué? –

Las respuestas a esta pregunta son unánimes y debidamente fundamentadas (PC), además de mostrar iniciativa en la transferencia a cuestiones de NdC con evoluciones en respuestas como las presentadas por MO3.4F11.

Inicial: "No porque puede que las probabilidades de que haya peligros son pocas, pero puede que haya y puede haber muchísimos problemas". Reformulada: "No porque aunque hay ventajas como el empleo y tener el gas, puede que ocurran desventajas muy grandes como la contaminación de acuíferos".

### MO3.5 – ¿Qué formas de obtener energía te gustaría que se utilizasen en España? ¿Por qué? –

MO3.5F2A8 inicial: "Energías renovables de las que tenemos aquí<sup>[sic]</sup>. Aerogeneradores, estudiar mas<sup>[sic]</sup> la energía del mar placas solares y biomasa, porque son renovables y los impactos que producen son pequeños". Asimismo, la docente concluye: "Los alumnos son conscientes de que la ciudadanía no puede controlar fácilmente el desarrollo de tecnologías relacionadas con el aprovechamiento energético, pero muestran con-

ciencia ambiental y preocupación por los impactos derivados del consumo de recursos de alto aprovechamiento energético” (MO3.5D).

## Conclusiones

En la primera sesión, la actividad de consolidación no ha desarrollado los contenidos de NdC esperados, aunque sí se aprecian reflexiones sobre la relación ciencia-tecnología-sociedad como medio para comprender mejor el concepto de energía. No obstante, la aproximación y enseñanza explícita de los procesos de PC se considera satisfactoria en tres de los cuatro centros donde se ha implementado la secuencia didáctica.

En la segunda sesión, comienzan a encontrarse dificultades en el centro cuatro referentes a la adaptación a la forma de trabajo y los escasos conocimientos previos de los estudiantes. Se considera que dedicando más tiempo al desarrollo de las sesiones se podría haber conseguido que estos discentes llegasen al nivel de trabajo del resto de centros, pero la docente no ha tenido esa posibilidad en su adaptación. En el resto de los centros se observa una mejor ejecución de los procesos de PC y mayores reflexiones sobre los elementos de NdC, sobre todo en relación con la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad.

En la tercera sesión, el desfase del centro cuatro se incrementa y se procede a realizar actividades orales para poder desarrollar la actividad ante el escaso tiempo para su realización. En el resto de los centros, se aprecia cómo los estudiantes aplican procesos de PC en el análisis de discursos en audiovisuales y los aplican en la realización de la actividad de consolidación y para evaluar sus propias reflexiones y conclusiones sobre los asuntos de NdC.

Como conclusión general se observa, mediante las reconstrucciones de las respuestas de los estudiantes, que las interacciones evaluativas-comunicativas realizadas durante los procesos de debate son el elemento clave para la reconstrucción del conocimiento de los discentes. Estas reformulaciones permiten observar la mejora del uso de los procesos de PC aplicados y las reflexiones sobre NdC realizadas por los discentes (alfabetización científica). Además, se observa como estos procesos y concepciones permiten que el estudiantado contextualice su discurso y conocimientos sobre la energía

## Agradecimientos

Los autores agradecen al proyecto EDU2015-64642-R (MINECO/FEDER) con financiación del Ministerio de Economía y Competitividad de España y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional su colaboración.

## Referencias bibliográficas

- Acevedo, J. A, Aragón-Méndez, M. M., & García-Carmona, A. (2018). Comprensión de futuros profesores de ciencia sobre aspectos epistémicos de la naturaleza de la ciencia en cuatro controversias de historia de la ciencia. *Revista Científica*, 33(3), 344-355. Doi: <https://doi.org/10.14483/23448350.13355>
- Bennássar, A., Vázquez-Alonso, A., Manassero-Mas, M. A., & García-Carmona, A. (2010). *Ciencia, Tecnología y Sociedad en Iberoamérica: una evaluación de la Naturaleza de*

*la Ciencia y Tecnología*. Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

- Biggs, J. (2005). *Calidad del aprendizaje universitario*. Madrid: Narcea.
- Bonsón, M., & Benito, Á. (2005). Evaluación y aprendizaje. En Á. Benito y A. Cruz (Coords.), *Nuevas claves para la docencia universitaria en el Espacio Europeo de Educación Superior* (pp. 87-100). Madrid: Narcea.
- Da Silva, L., & Rodríguez, A. H. (2011). Critical thinking: Its relevance for education in a shifting society. *Revista de Psicología*, 29(1), 195-195. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/3378/337829518007.pdf>
- Davies, A., Fidler, D., & Gorbis, M. (2011). *Future Work Skills 2020*. Palo Alto, Calif., University of Phoenix Research Institute.
- Dochy, F., Segers, M., & Dierick, S. (2002). Nuevas vías de aprendizaje y enseñanza y sus consecuencias: una nueva era de evaluación. *Docencia universitaria*, 2(2), 1-29.
- Ennis, R. H. (1996). *Critical Thinking*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Facione, P. A. (1990). Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction. Executive Summary "The Delphi Report".
- Halpern, D. F. (2014). *Thought and knowledge. An Introduction to Critical Thinking*. New York: Psychology Press.
- Horizonte 2020 para la Investigación e Innovación en la Unión Europea (s.f.). Ciencia-con y para la Sociedad. Recuperado de <https://eshorizonte2020.es/mas-europa/ciencia-con-y-para-la-sociedad>
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. *Boletín Oficial del Estado* 295, 10 de diciembre de 2013, 97858-97921.
- Lipman, M. (1991). *Thinking in education*. Cambridge: Cambridge University Press.
- López-Pastor, V. M., & Pérez-Pueyo, A. (2017). *Buenas prácticas docentes. Evaluación formativa y compartida en educación: Experiencias de éxito en todas las etapas educativas*. León: Universidad de León.
- Manassero, M. A., & Vázquez, A. (2017). ¿Hay contenidos de naturaleza de la ciencia y la tecnología y pensamiento crítico en los currículos (españoles) actuales?, *X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*. Congreso llevado a cabo en Sevilla, España.
- Manassero, M. A., Vázquez, A., & Acevedo, J. A. (2001). *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- Ortega-Quevedo, V., & Gil-Puente, C. (2019). La naturaleza de la ciencia y la tecnología. Una experiencia para desarrollar el pensamiento crítico. *Revista Científica*, 35(2), 167-182. Doi: <https://doi.org/10.14483/23448350.14095>
- Paul, R. (2005). The state of critical thinking today. *New Directions for Community Colleges, Summer 2005*, 27-38.
- Pedrinaci, E. (Coord.), Caaño, A., Cañal, P., & de Pro, A. (2012). *11 ideas clave. El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona: Graó
- Quinquer, D. (2000). Modelos y enfoques sobre evaluación: el modelo comunicativo. En A. Parcerisa (Dir.), *Evaluación como ayuda al aprendizaje* (pp.13-20). Barcelona: Laboratorio Educativo; Graó.



- Rosales, C. (1988). *Criterios para una Evaluación Formativa. Objetivo. Contenido. Profesor. Aprendizaje. Recursos*. Madrid: Narcea.
- Rotger, B. (1990). *Evaluación formativa*. Madrid: Cincel.
- Valenzuela, J., & Nieto, A. M. (2008). Motivación y Pensamiento Crítico: Aportes para el estudio de esta relación. *Revista Electronica de Motivación y Emoción*, XI(28), 1-8. Recuperado de <http://reme.uji.es/articulos/numero28/article3/article3.pdf>
- Vázquez-Alonso, A., & Manassero-Mas, M. A. (2012). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 2-31.