

# CALIDAD EN LAS JUSTIFICACIONES, USO DE CONCEPTOS Y CONSISTENCIA ENTRE DATOS E INFERENCIAS EN LA TOMA DE DECISIONES

EIREXAS, F.; AGRASO, M. F.; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. y DÍAZ DE BUSTAMANTE, J.

Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentais.

Universidade de Santiago de Compostela.

---

**Palabras clave:** Problema auténtico; CTS; Calidad de las justificaciones; Toma de decisiones.

## INTRODUCCIÓN: CRITERIOS DE CALIDAD EN LAS JUSTIFICACIONES Y DISCURSO CIENTÍFICO

Este estudio sobre los procesos de construcción y justificación del conocimiento científico se enmarca en la perspectiva constructivista, y en los supuestos de la cognición situada: el aprendizaje es un proceso de construcción (no de “registro”) que está en sintonía (*is highly tuned*) con la situación en la que tiene lugar, Resnick (1989). Una premisa de la cognición situada es que conocimientos y destrezas no son independientes de los contextos –mentales, físicos y sociales– en los que se usan, y cabe dudar que los estudiantes sean capaces de usar en un contexto lo aprendido en otro. Por ello, la investigación de la construcción y justificación del conocimiento requiere diseñar ambientes de aprendizaje en los que sea posible una práctica contextualizada (Brown, 1992). En cuanto a la fundamentación, pretende combinar la perspectiva constructivista de la psicología cognitiva y la sociocultural, estableciendo puentes entre ellas pues como indican Kelly y Crawford (1997) ambas son útiles para estudiar el aprendizaje. En coherencia con estas nociones, la tarea fue diseñada como un problema auténtico (Jiménez, 1998), abierto, con varias soluciones posibles, contextualizado en la vida real y que requería la apropiación del discurso científico, en concreto la justificación de la decisión tomada en base a los datos disponibles.

Entre los objetivos que se han propuesto para una enseñanza en la perspectiva CTS, que inserta la práctica científica en su contexto social, están la capacitación para la *toma de decisiones*, subrayando que no es tan sólo una cuestión técnica (Aikenhead, 1985), y el desarrollo del pensamiento crítico. En nuestro caso la toma de decisiones se planteó como elección de un sistema de calefacción para la nueva Facultad de Ciencias de la Salud de la USC, tomando como punto de partida una noticia de prensa sobre la optimización energética en esta institución. Se suministró al alumnado un dossier de prensa, ya que entendemos que el uso de la prensa como recurso didáctico y la evaluación de la información contribuyen, al desarrollo de las competencias comunicativas y al pensamiento crítico.

La dimensión del discurso científico estudiada es la *calidad* de las justificaciones, que se ha evaluado con referencia a dos criterios complementarios: su correspondencia con el conocimiento científico (que llamamos validez científica) y su consistencia lógica en cuanto a su papel como apoyo a la decisión. Un tercer aspecto es la conexión entre estos dos criterios, siguiendo a Kelly y Takao (2002).

El objetivo del estudio es:

- Construir un instrumento que permita evaluar la calidad de las justificaciones en la toma de decisiones sobre un problema auténtico (sistema de calefacción), referida tanto a la validez científica como a la consistencia lógica.
- Contrastar el instrumento aplicándolo a las producciones de una muestra de estudiantes de Bachillerato, evaluando la calidad de las justificaciones en cuanto a la correspondencia entre ambos criterios.

## **METODOLOGÍA**

### **Tarea**

La propuesta didáctica fue diseñada conjuntamente con el profesor como una unidad en la que los alumnos se enfrentaban a un problema auténtico: la Universidad de Santiago solicitaba la colaboración de los alumnos para elegir la opción de calefacción más adecuada. Se les pedía que redactaran un informe con su decisión, e indicando las razones en las que basaban su elección y las justificaciones para descartar otras, teniendo en cuenta los costes económicos y el impacto ambiental. Se suministró un dossier con distintos documentos: información recogida de internet y enlaces tanto de grupos ecologistas como de empresas energéticas, una tabla de datos sobre los costes de los distintos tipos de energía, y dos recortes de prensa con noticias sobre el cambio climático y la problemática de la “energía verde”.

### **Participantes**

Son un grupo de estudiantes de 2º de Bachillerato del IES de A Pobra do Caramiñal (A Coruña), que cursaban la asignatura “Ciencias da Terra e do Medio Ambiente” a lo largo de cuatro sesiones en febrero de 2004, trabajando en pequeños grupos de 4.

### **Toma de datos**

Las sesiones fueron grabadas en audio y en vídeo. Se recogieron los informes de cada grupo. El contenido de esta comunicación se basa en el análisis de las producciones escritas.

### **Instrumentos de análisis**

Para estudiar la calidad de las justificaciones diseñamos un instrumento de análisis en función de dos dimensiones: la validez científica (ValC) y la consistencia lógica (Cons).

La validez científica expresa el grado de acuerdo de las justificaciones con los contenidos de la ciencia. El grado 1 corresponde a una justificación no válida desde el punto de vista científico, el 2 a otra parcialmente válida y el grado 3 a una totalmente válida. Por ejemplo:

- ValC 1 (grupo 4, decisión eléctrica): “El gasóleo contamina más todavía que el butano y el propano porque estos gases no tienen hidrocarburos”.
- ValC 2, (grupo 1, decisión gas): “Gasóleo, butano y propano producen los mismos impactos que el gas natural”.
- ValC 3, (grupo 2, decisión solar-gas): “La combustión del gas produce gran cantidad de calor”.

La consistencia lógica expresa la correspondencia de las justificaciones con los datos y con la conclusión, esto es, si las justificaciones en las que se basa la decisión (sistema de calefacción elegido) son consistentes con los datos aportados (los tienen en cuenta adecuadamente) y con la conclusión (la apoyan o no). Valores de 1, 2 y 3 representan respectivamente justificaciones nada consistentes, consistentes con los datos o con la conclusión, y totalmente consistentes. Por ejemplo:

- Cons 1, (grupo 1, decisión gas): “Su combustión genera gases que incrementan el efecto invernadero y producen lluvia ácida”.
- Cons 2, (grupo 5, decisión eléctrica): “La electricidad procede de varias fuentes, en su mayoría carbón y nuclear”. Esta justificación es consistente con los datos pero no con la conclusión.
- Cons 3, (grupo 3, decisión gas): “El gas es la no renovable menos contaminante y coste más bajo”.

Esta variable es de un carácter más subjetivo que la validez científica, se requiere un mayor consenso entre

los investigadores y una continua interacción con las producciones de los alumnos. Cabe señalar que en algún caso hay informes que contienen justificaciones que refutan la conclusión (Cons 1), pero al afinar el análisis se identifican calificadores modales (o argumentos subsecuentes que modulan o desactivan esta refutación, aumentando el grado de consistencia. Algunas veces se trata de un “pero” que matiza la refutación en la misma proposición. Por ejemplo: “La geotérmica es mejor pero hay un bajo gradiente en Compostela”, (grupo 1, decisión gas natural), Cons 3. En otras, los calificadores no aparecen contiguos a la refutación, sino insertados en otra proposición o incluso formando parte de la conclusión. Por ejemplo: “El carbón produce un alto impacto ambiental”, (grupo 5, decisión eléctrica de tarifa nocturna [*pero*] procedente de fuentes renovables de bajo impacto), Cons 2.

Teniendo en cuenta esta complejidad, cada justificación se categoriza en función de estas dos dimensiones independientes, por lo que una justificación puede ser válida desde el punto de vista de su contenido científico, pero poco consistente desde el punto de vista lógico, como apoyo a la decisión.

## RESULTADOS: VALIDEZ CIENTÍFICA Y CONSISTENCIA DE LAS JUSTIFICACIONES

Identificamos en cada informe las justificaciones que soportan la decisión tomada asignándoles un valor de validez científica y consistencia. La asignación se llevó a cabo, tras un análisis independiente de los datos, por negociación entre los dos primeros autores, más tarde consensuado con los demás. Se indica, asimismo, el dominio conceptual en el que se encuadra la justificación: ambiental, físico, químico, geológico, y técnico.

A título de ejemplo, reproducimos el resumen del análisis del grupo 3:

**TABLA 1**  
**Justificaciones del grupo 3**

Decisión	Justificación	Dominio	ValC	Cons
Gas natural	a) Es una de las energías no renovables menos contaminante y coste más bajo.	Ambiental	3	3
	b) No produce gases de S <sub>2</sub> e N <sub>2</sub> en exceso y no genera partículas sólidas.	Técnico y Ambiental	3	3
	c) Se necesitan depósitos de almacenamiento y Galicia no los tiene.	Técnico	3	1
	d) Produce gran cantidad de calor.	Físico y químico	3	3
	e) Repercute menos en el entorno que otros hidrocarburos de cadena más larga.	Ambiental y químico	3	3

En resumen, las decisiones de los estudiantes son variadas: dos grupos escogen gas natural (1 y 3), otro eléctrica de tarifa nocturna (grupo 5) y los dos restantes optan por sistemas mixtos: el grupo 2 energía solar pasiva y gas natural; y el grupo 4 eléctrica de tarifa nocturna por paneles solares. En cuanto al número de justificaciones, los grupos 2 y 3 aportan cinco, el grupo 4 seis, y los grupos 1 y 5 ocho y nueve respectivamente. Las justificaciones corresponden a variados dominios conceptuales (entre 3 y 4), siendo el ambiental el que aparece con mayor frecuencia.

## RESULTADOS: RELACIÓN ENTRE LA VALIDEZ CIENTÍFICA Y LA CONSISTENCIA LÓGICA

Otro aspecto de la calidad de las justificaciones es si estas dos dimensiones presentan correspondencia, es decir, si un alto grado de validez se corresponde con un alto grado de consistencia lógica. Para explorarlo, se construyó una matriz con los datos tomando como referencia el instrumento de Kelly & Takao (2002). Las justificaciones se distribuyen en 9 campos (figura 1) correspondientes a los distintos valores de validez científica y consistencia. Cada justificación está representada con un dígito (correspondiente al grupo de

alumnos) y una letra (que las identifica dentro de cada grupo). Las justificaciones de cada grupo se indican en el mismo color. Los campos correspondientes a la diagonal (resaltados) de 1/1 a 3/3 representan la máxima correspondencia. Podemos observar que existe una alta correspondencia entre ambas magnitudes para sus valores más altos (de 34 justificaciones, 19 se sitúan en el campo ValC 3, Cons 3).

Validez científica	3	1d 3c	5d, 5e, 5f, 5g	1a, 1b, 1c 2a, 2b, 2c, 2e 3a, 3b, 3d, 3e 4a, 4b, 4c, 4e, 4f 5a, 5c, 5i
	2	1e, 1f 5c 4d	5b	5h
	1		1g, 1h, 2d	
		1	2	3

**FIGURA 1**  
**Correspondencia entre ValC y Cons. N=34**

Este tipo de representación nos permite también aproximarnos a otras características de las argumentaciones de esta muestra de alumnos:

– La *homogeneidad* de ambas dimensiones, determinada por la distribución de las justificaciones en filas (ValC) o columnas (Cons). Observamos que la validez científica es más homogénea que la consistencia lógica: un mayor número de justificaciones (25) se sitúan en el valor más alto de validez (ValC 3); mientras que para la consistencia, el máximo valor (Cons 3) reúne a 20 de las justificaciones.

– El contraste, indicado por la distancia entre las dimensiones. Se observa en los campos de mayor contraste (ValC 1, Cons 3) y (ValC 3, Cons 1), hay 0 y 2 justificaciones respectivamente, lo que confirma la buena correlación entre ambas variables.

– La dispersión de las justificaciones. Se observa que el grupo 5 y el grupo 1 son los más dispersos ya que sus justificaciones se distribuyen respectivamente en cinco y cuatro de los nueve campos. Los menos dispersos son el 2, 4, y 3 con dos campos, estando la mayoría de sus justificaciones dentro del campo de más alto nivel de consistencia y de validez.

## CONCLUSIONES

Consideramos que el instrumento de investigación propuesto puede permitir evaluar la calidad de las justificaciones de los estudiantes, tanto en dimensiones científicas (correspondencia con los contenidos de la ciencia), como en lo referente a la consistencia lógica (con los datos suministrados y especialmente con la conclusión).

Una vez aplicado el instrumento a las justificaciones de los estudiantes observamos en primer lugar que las decisiones con respecto al sistema de calefacción son variadas. El rango de las justificaciones varía entre las 9 aportadas por el grupo 5 y las 5 utilizadas por del grupo 3. La diversidad de dominios conceptuales

indica que los alumnos utilizan como fuente de información la variedad de datos suministrados. El dominio más frecuente es el ambiental, que a diferencia de los demás (físico, químico, geológico y técnico), tiene también una componente relacionada con los valores además de con el conocimiento científico.

En cuanto a la correspondencia entre validez y consistencia, es alta con una proporción considerable de justificaciones (19 de 34) en el campo que indica una mejor calidad. Se observan también ciertas diferencias para las dimensiones estudiadas en cuanto a su homogeneidad: la validez científica parece más homogénea que la consistencia lógica, lo que podría interpretarse como que si bien los estudiantes hacen uso de los contenidos de la ciencia, parecen manifestar ciertas dificultades para apropiarse discurso científico.

En cuanto al contraste, en la fila superior de la tabla se observa que hay 6 justificaciones de validez 3 y consistencia 2 ó 1, siendo las cuatro de consistencia 2 del grupo 5. Podríamos interpretar este contraste como debido a la existencia de dificultades de razonamiento lógico para justificar las decisiones tomadas. Otro dato que refuerza esta interpretación es el hecho de que en la fila inferior, en los campos de baja validez y consistencia alta sólo aparecen tres justificaciones para todos los grupos, lo que podría indicar una menor presencia de dificultades en el aprendizaje de conceptos.

La discusión de la dispersión observada en los grupos 1 y 5 excede de los objetivos de este estudio, pero podría suministrar información sobre el grado de implicación en la tarea, o sobre el nivel de inferencia a la hora de relacionar datos y conclusión. También sería interesante analizar en qué dimensión (ambiental, geológica, técnica, etc.) se dispersan más las justificaciones y cómo varía la relación entre validez y consistencia en ellas. Otros aspectos que podrían analizarse para complementar el análisis de la calidad son el grado de inferencia y el nivel epistémico de las justificaciones, que serán objeto de estudio en una próxima investigación.

#### **Agradecimientos**

A Xulio Gutiérrez Roger, profesor de Bachillerato y al alumnado del IES “Francisco Barreras” de Pobra do Caramiñal, (A Coruña).

Trabajo parte del proyecto financiado por el MCYT, código BSO2002-04073-C02-02 y parcialmente financiado con fondos FEDER.

Fins Eirexas y Marta F. Agraso trabajan becados por el Consello da Cultura Galega, Comisión de Ciencia, Técnica e Sociedade. Convenio 2003/CP267.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AIKENHEAD, G. S. (1985) Collective Decision Making in the Social Context of Science. *Science Education*, 69: 453-475.
- Brown, A.L. (1992) Design Experiments: theoretical and Methodological Challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the learning Sciences*, vol 2: 141 – 178.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (1998) Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16: 203-216.
- KELLY, G. J. y CRAWFORD, T. (1997) An ethnographic investigation of the discourse processes of school science. *Science Education*. 81: 533-559.
- KELLY, G. J. y TAKAO, A. (2001). Epistemic Levels in Argument: An Analysis of University Oceanography Students' Use of Evidence in Writing. *Science Education*, vol. 86: 314-342
- RESNICK, L. (1989) (ed.) *Knowing, Learning and Instruction. Essays in Honor of Robert Glaser*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.