

EL LENGUAJE Y LAS TEORÍAS DE LOS ALUMNOS EN LA COMPRENSIÓN DE LA COMBUSTIÓN

CASTILLEJO MUÑOZ¹, RAFAEL; PRIETO RUZ², TERESA y BLANCO LÓPEZ², ÁNGEL

¹ Instituto de Educación Secundaria Miraflores. Marbella.

² Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Málaga.

Palabras clave: Arder; Combustión; Dominio específico; Lenguaje; Teorías de los alumnos.

OBJETIVOS

Este trabajo forma parte de un estudio más amplio sobre la comprensión de alumnos, entre 13 y 18 años, sobre las reacciones de combustión. En concreto, el uso y significado otorgado a los términos “arder” y “combustión” y sus relaciones con los niveles en la comprensión del proceso de combustión desde la perspectiva de las teorías de los alumnos.

Prestar atención a la naturaleza del lenguaje puede ser un aspecto productivo en la investigación futura (Sutton, 1997). La finalidad última que nos guía es aportar sugerencias para la enseñanza del dominio de este tipo de reacciones químicas que puedan traducirse en propuestas innovadoras y adecuadas a las etapas educativas estudiadas (Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato) y a la diversidad de los alumnos.

MARCO TEÓRICO

Este trabajo se inserta en una línea de investigación sobre el progreso en la comprensión (Prieto, Blanco, y Brero, 2002) desde la perspectiva de la teorías de los alumnos (Prieto, Watson y Dillon, 1992).

Aunque concebimos la comprensión como un proceso continuo y multidimensional (White y Gunstone, 1992), partimos de la hipótesis de que ésta puede ser estudiada, en un dominio concreto, caracterizando un conjunto discreto de teorías de dominio que representan distintos niveles en la comprensión del mismo. El progreso vendría representado por desplazamientos desde unas teorías a otras, teniendo en cuenta que para alumnos particulares pueden darse casos diferentes: convivencia de más de una teoría, avance a una nueva sin abandonar la anterior..

Prieto et al (1992) tomando como dimensiones fundamentales en la comprensión de los fenómenos de combustión: a) la interacción y el papel del oxígeno, b) la naturaleza y el papel del fuego/ llama y c) la naturaleza de los reactivos y los productos, identificaron, en alumnos de 14-15 años, tres teorías de dominio y un estado intermedio:

1. Modificación (M) consistente en entender la combustión como una transformación no permanente mediante la cual la sustancia cambia algunas de sus propiedades: estado físico, color, tamaño, etc.

2. Transmutación (T) que supone la formación irreversible del combustible o la desaparición de éste sin participación del oxígeno.
3. Reacción Química (RQ), donde se han de tener en cuenta al menos tres componentes; combustible, oxígeno y productos, así como el concepto de interacción.
4. X. Estado de transición entre la transmutación y la reacción química, para aquellos casos en los que se tiene en cuenta la necesidad del oxígeno, pero no aparece claro el concepto de interacción.

Otra vertiente estudiada es el progreso en el vocabulario que los alumnos utilizan para hablar de los fenómenos. Aunque el lenguaje científico sea altamente específico, en la ciencia escolar puede compartir ciertos significados con el lenguaje ordinario, de tal forma que no sea posible trazar un límite preciso entre el lenguaje en ambos contextos (Llorens, 1991). En nuestra investigación, de forma paralela al estudio del progreso en la comprensión desde la perspectiva de las teorías, se está realizando el estudio del progreso en el uso del vocabulario y la terminología científica por parte de los alumnos y las posibles relaciones entre ambos. En esta comunicación se analizan algunos aspectos de esta relación.

DESARROLLO DEL TEMA

Se ha desarrollado un amplio cuestionario, a partir del empleado por Prieto et al (1992), de nueve preguntas abiertas mediante las cuales se pone al alumno en situación de responder a diferentes aspectos relacionados con los fenómenos de combustión. El conjunto de preguntas y situaciones recogidas constituye, desde nuestro punto de vista, una buena plataforma para identificar y caracterizar la comprensión de los alumnos.

Una vez pilotado y ensayado el cuestionario se administró, en su versión final, a alumnos de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato de Ciencias de los cinco institutos de Marbella (Málaga). Su distribución por etapas y niveles educativos es la que se muestra en la tabla 1.

TABLA 1
Distribución por niveles educativos de los alumnos de la muestra empleada.

NIVEL	Nº ALUMNOS
2º ESO	100
3º ESO	109
4º ESO	99
1º BACHILLERATO	108
2º BACHILLERATO	95
TOTAL	511

Las teorías de los alumnos sobre combustión

Las teorías utilizadas por los alumnos han sido identificadas a partir del análisis de las respuestas a cada una de las preguntas (Prieto et al. 1992). Como resultado, cada uno aparece caracterizado por las teorías que utiliza y la frecuencia con que lo hace. Con estos datos se ha asignado a cada alumno un perfil con las dos teorías que utiliza con mayor frecuencia. De ahí surgen 16 perfiles donde estarían situados todos los alumnos (tabla 2).

Cuando encontramos frecuencias iguales indicamos la del nivel superior siguiendo la serie M-T-X-RQ, que representa un esquema de progreso en la comprensión. Con este criterio, 507 de los 511 alumnos que componían la muestra, obtienen un perfil teórico. La frecuencia de cada uno de los perfiles se muestra en la tabla 3.

TABLA 2
Posibles perfiles tomando en consideración las dos teorías que se utilizan con más frecuencia.

		Segunda teoría más frecuente			
		M	T	X	RQ
Primera teoría más frecuente	M	M	MT	MX	MRQ
	T	TM	T	TX	TRQ
	X	XM	XT	X	XRQ
	RQ	RQM	RQT	RQX	RQ

TABLA 3
Frecuencia por niveles de los distintos perfiles identificado en la muestra.

		Segunda teoría más frecuente			
		M	T	X	RQ
Primera teoría más frecuente	M	M *02/00/00/0 0/00	MT 03/05/05/ 02/02	MX 00/00/01/ 00/00	MRQ 01/02/00/ 00/00
	T	TM 48/47/45/37 /20	T 14/19/13/ 06/08	TX 08/11/10/ 04/07	TRQ 14/19/12/ 38/35
	X	XM 00/00/01/00 /00	XT 01/02/05/ 02/04	X 00/00/00/ 00/00	XRQ 00/01/00/ 02/00
	RQ	RQM 01/00/00/00 /01	RQT 02/03/05/ 10/10	RQX 01/00/00/ 07/08	RQ 02/00/01/ 00/00

* Los valores numéricos separados por barras corresponden a la frecuencia de alumnos con ese perfil, agrupados por niveles, en el orden: 2°ESO/ 3°ESO/ 4°ESO/ 1°BACH/ 2°BACH

Con objeto de caracterizar el progreso se han clasificado los perfiles encontrados en dos niveles de comprensión, según lo próxima que esté de la teoría científica la mayoritariamente usada:

1. Baja, en los casos en que se utilizan perfiles que tienen como teoría mayoritaria la teoría de la Modificación o la teoría de la Transmutación.
2. Alta, en los casos en que se utilizan perfiles donde la teoría mayoritaria es el Modelo de Transición o la teoría de la Reacción Química.

Las frecuencias con que aparecen estos perfiles en los distintos niveles de la muestra se recogen en la tabla 4.

Se aprecia un progreso en la comprensión según avanzamos en los niveles educativos, desde un 7% en 2° de ESO hasta un 24% en 2° de Bachillerato. Si agrupamos a los alumnos en dos bloques (tabla 5): ESO y

TABLA 4
Frecuencia y porcentaje de los dos niveles de comprensión en cada uno de los niveles de muestra.

Nivel de comprensión	Nivel					Total
	2° ESO	3° ESO	4° ESO	1° BAC	2° BAC	
Baja comprensión (M,MT,MX,MRQ, TM,T,TX,TRQ)	90 93%	103 95%	86 88%	87 81%	72 76%	438
Alta comprensión (XM,XT,XRQ, RQM,RQT,RQX,RQ)	07 7%	06 5%	12 12%	21 19%	23 24%	69
Total	97	109	98	108	95	507

TABLA 5
Frecuencia y porcentaje de los dos niveles de comprensión en cada una de las dos etapas educativas de la muestra (ESO y Bachillerato).

Nivel de comprensión	Nivel	
	ESO	BACHILLERATO
Baja comprensión	92%	78%
Alta comprensión	8%	22%

Bachillerato, se observa un aumento de 14% de alumnos que manifiestan alta comprensión, diferencia estadísticamente significativa ($\chi^2=18,73$; $p<0.001$).

Los significados de “arder” y “combustión”

Arder y combustión son dos términos claves para hablar y pensar sobre los fenómenos de combustión. Los significados que se otorguen a los mismos y las relaciones que se consideren entre ellos pueden representar diferentes formas de “ver” y “conceptualizar” dichos fenómenos.

En estudios preliminares hemos podido comprobar que, incluso para personas con niveles de conocimiento superiores al de los alumnos, la posible equivalencia o diferencia entre los términos “arder” y “combustión” no está tan clara. Así:

1. En una discusión entre cinco profesores de instituto (dos químicos, dos biólogos y un físico) se produjeron discrepancias en cuanto a las opiniones, predominando la idea de que ambos términos encierran distinto significado. Se llegó al siguiente acuerdo sobre las diferencias:

La combustión y el proceso de arder no representan lo mismo. La combustión es una reacción química exotérmica entre una sustancia y el oxígeno que puede transcurrir sin llama. Arder es estar en combustión con desprendimiento de luz.

2. En otra discusión sobre el mismo asunto entre tres profesores, los tres químicos, dos de universidad y otro de instituto, no fue posible llegar a un acuerdo, predominando la idea de que ambos términos tienen el mismo significado.

3. Se han buscado igualmente las definiciones que diccionarios y enciclopedias dan a estos términos y encontrado que no existe una unidad de criterio a la hora de diferenciarlos y de definirlos, como ilustran los ejemplos siguientes:

Diccionario de Uso del Español. María Moliner:

Combustión. Acción de combinarse una sustancia con el oxígeno.

Arder. Estar quemándose o encendido. Arde una vela. Arden las brasas en el fuego. Ser susceptible de arder (*La leña verde no arde*). Fuego.

Diccionario de términos científicos y técnico. Planeta-Agostini: Combustión (Quim.) Inflamación de un gas, líquido o sólido, en el cual el combustible se oxida, liberando calor y a menudo luz.

Diccionario de Química. Ediciones Generales Anaya:

Combustión. Proceso de oxidación rápida de una sustancia acompañando de un gran aumento de la temperatura y emisión de luz (...). La temperatura que alcanza un cuerpo al arder se llama temperatura de combustión.

4. El lenguaje cotidiano también contribuye a esta controversia. Solemos decir “estas ardiendo” a alguien que tiene mucha fiebre, sin embargo, atribuimos el término de arder generalmente a los procesos que cursan con llamas.

En el cuestionario utilizado se incluía una pregunta específica sobre los significados de ambas palabras, formulada en los siguientes términos:

¿Cuál de las siguientes afirmaciones crees que es cierta? Señala con una X en el cuadro correspondiente y explica tu opción.

a) “Arder” y “combustión” significan la misma cosa.

Explicación:

b) “Arder” y “combustión” significan cosas diferentes.

Explicación:

El análisis diferenció las respuestas afirmativas de las negativas y en cada uno de estos grupos se categorizaron las diferentes explicaciones. A pesar de la diversidad de explicaciones y posturas encontradas, podemos resumir los significados que otorgan a ambos términos (considerando las ideas más frecuentes dadas por los alumnos) en las definiciones que se muestran en el cuadro 1. Según estas definiciones, ambos términos representan procesos muy diferentes.

CUADRO 1

Definiciones de los términos “arder” y “combustión” construidas a partir de las ideas más frecuentes expresadas por los alumnos de la muestra.

Arder: Es quemar algo con fuego, proceso que no necesita oxígeno, no es una reacción química, es espontáneo y los reactivos utilizados son derivados de la madera

Combustión: Es una reacción química, donde están presentes los gases, se necesita oxígeno, es un proceso destructivo, rápido, intencionado, donde se busca una utilidad posterior y los reactivos utilizados son los empleados en procesos técnicos (v.gr. gasolina, elementos químicos).

Para el propósito de esta comunicación vamos a recoger sólo las dos grandes categorías de respuestas. Las frecuencias de las mismas en cada uno de los niveles y etapas de la muestra aparecen en la tabla 6.

TABLA 6
Frecuencias, por niveles y etapas educativas, de respuestas a la pregunta de si ¿significan lo mismo arder y combustión?

¿Significan lo mismo arder y combustión?	Niveles					Total
	2º ESO	3º ESO	4º ESO	1º BAC	2º BAC	
SI	19	26	25	30	40	140
NO	50	73	69	72	53	317
SI	70 (27%)			70 (36%)		140
NO	192 (73%)			125 (64%)		317

Las diferencias encontradas entre los alumnos de ESO y de bachillerato (9% de aumento de la idea de que si significan lo mismo) son estadísticamente significativa al nivel del 5% ($\chi^2 = 4,43$; $p < 0,05$). Aunque ligeramente, con la edad y la instrucción se van matizando las diferencias que los alumnos encuentran entre ambos términos.

Relación entre progreso en las teorías y significados de los términos arder y combustión

Se trata ahora de explorar si los dos niveles de comprensión definidos están, o no, relacionados con la similitud/disimilitud otorgada a los términos arder y combustión. En la tabla 7 se recogen los resultados cuando se combinan ambos aspectos.

TABLA 7
Relación entre los niveles de comprensión y las respuestas a la pregunta sobre si ¿significan lo mismo arder y combustión?

	¿Significan lo mismo arder y combustión?		Total
	Si	No	
Baja comprensión	114 (29%)	277 (71%)	391
Alta comprensión	25 (39%)	39 (61%)	64
	139	316	455

Al mismo tiempo que aumenta la comprensión aumenta el porcentaje de alumnos que consideran que arder y combustión significan lo mismo, pero la extensión en que ocurre (10%) hace que las diferencias no sean estadísticamente significativas ($\chi^2 = 2,55$; $p < 0,20$).

CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

– Se produce con la edad y el aumento del nivel de instrucción una mejora significativa de la comprensión, desde la perspectiva de las teorías de los alumnos, aunque la extensión en que ocurre nos parece clara-

mente insuficiente. Este progreso consiste en el abandono de los perfiles centrados en la teoría de la transmutación y la modificación, y la sustitución por otros en los que predomina la de la reacción o los primeros indicios de la misma.

– También se aprecian, entre ESO y Bachillerato, diferencias significativas con respecto a los significados de arder y combustión, en el sentido de aumentar la idea de que ambos términos significan lo mismo.

– No se encuentra relación entre la mejora de la comprensión, en el sentido definido en este trabajo, con los cambios en los significados otorgados a los términos combustión y arder.

– Consideramos conveniente que en la educación secundaria se dedicase una mayor atención al significado de los términos arder y combustión, con objeto de reducir la presencia de muchas de las argumentaciones, alejadas de la teoría científica, utilizadas por los alumnos para referirse a ambos términos. Para ello, proponemos:

- Utilizar ejemplos de combustiones con presencia de llamas y sin ellas, y utilizar el nombre de combustión para todos, y ejemplos donde se manifieste que tanto en la combustión como en el proceso de arder se da una reacción química de un compuesto con el oxígeno.
- Ser cuidadosos con los reactivos elegidos cuando empleemos la palabra combustión y cuando nos refiramos a arder, para que no exista la idea de que cada proceso depende de un tipo de reactivo distinto. Insistir en la naturaleza exotérmica de la reacción y en el hecho de que la velocidad o la espontaneidad de los procesos no marca ninguna diferencia entre ellos.
- Sería conveniente utilizar el verbo combustionar, que hemos encontrado en la bibliografía científica, para evitar la materialización de la combustión como un compuesto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LLORENS, J. (1991). *Comenzando a aprender química. Ideas para el diseño curricular*. Madrid: Aprendizaje Visor.
- PRIETO, T., BLANCO, A. y BRERO, V. (2002). La progresión en el aprendizaje de dominios específicos: una propuesta para la investigación. *Enseñanza de las ciencias*, 20(1), pp. 3-14.
- PRIETO, T., WATSON, R. y DILLON, J. (1992). Pupils' understanding of combustion. *Research in Science Education*. Vol. 22, pp. 331-340.
- SUTTON, C. (1996): "Beliefs about science and beliefs about language". *International Journal of Science Education*, vol. 18, n. 1, pp. 1-18
- WHITE, R. y GUNSTONE, R. (1992). *Probing understanding*. The Falmer Press. Londres.