

COMBUSTION: Una Actividad Abierta (AcAb) para la Enseñanza-Aprendizaje de las Ciencias Experimentales

Lorenzo, F. M.,
García-Rodeja, E.
Domínguez, J. M.

"Many animals play. But only humans start fire and talk"

H. A. Bent (1986)

La AcAb "Combustión" es la última de las siete Actividades Abiertas que componen el diseño curricular correspondiente al núcleo Química que se está realizando en el Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Santiago*. La relación de AcAb que componen el Proyecto AcAb Química es:

- 1.- El Agua.
- 2.- El mármol.
- 3.- Cinc.
- 4.- Sal común.
- 5.- Azufre.
- 6.- Nitrógeno.
- 7.- Combustión.

En la última AcAb se realiza un acercamiento al aspecto, que tienen determinados compuestos químicos, de reserva energética, sirviendo al mismo tiempo de introducción a los compuestos del carbono.

La idea general en la que se enmarca el proyecto es la de enseñanza integrada, entendiendo este término en el sentido que propone D'Arbon (cit. en Brown, 1977), es decir, que la enseñanza de las Ciencias partirá y se desarrollará en continua referencia a la realidad socio-cultural en la que el alumno está inmerso.

* El Proyecto AcAb. Química fue publicado por el Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico de la Universidad de Santiago en diciembre de 1987.

El material inicial del proyecto, dirigido a alumnos del ciclo 12-16, fue realizado con la colaboración de profesores de EGB del Area de Ciencias de la Naturaleza y de BUP porque queríamos que la implicación del profesorado fuese una realidad desde sus inicios, requisito imprescindible en toda elaboración curricular (Tall, 1981).

Los profesores que participaron en su elaboración, ahora ya constituidos en Seminario Permanente, continúan llevando a cabo la experimentación del proyecto.

METODOLOGIA DIDACTICA

La elaboración de un curriculum no sólo supone una selección de contenidos, después de fijar unos propósitos generales, sino que requiere también el diseño de un método de enseñanza para conseguir el aprendizaje, es decir, no sólo debe proponer lo que hay que enseñar, sino que además debe decir cómo puede realizarse esa enseñanza (Buttle, 1975).

En el Proyecto AcAb se propone un modelo didáctico elaborado a través de lo que hemos denominado **Actividades Abiertas**. Estas AcAb, que tienen su origen en una realidad concreta y, a ser posible, cercana al alumno, se abren luego a otras realidades, conceptos y métodos de la Ciencia cuya transmisión se inicia.

El aprendizaje que se trata de potenciar en las AcAb es, por tanto, de tipo significativo (Ausubel, 1976). Se pretende que el nuevo material de aprendizaje sea asimilado e integrado en las estructuras cognitivas existentes previamente en el alumno. Por ello las AcAb parten de realidades significativas acerca de las cuales el alumno ya sabe cosas y tienen para él sentido independientemente y con anterioridad a todo modelo científico.

Tenemos en cuenta a la hora de desarrollar las AcAb los resultados de las investigaciones en el campo de la didáctica de las Ciencias, como son los preconceptos que tienen los alumnos de estas edades, pues como apunta Dierks (1985):

“El aprendizaje significativo es dudoso si las preconcepciones permanecen en las mentes de los alumnos después que las nuevas explicaciones les hayan sido enseñandas”.

El criterio para la elección de esta metodología se ha basado en las ideas en las que coinciden la mayoría de los países a la hora de diseñar la enseñanza de las Ciencias para alumnos de 12-16 años, y que se traducen, a este nivel, en que el aprendizaje sigue basándose en el uso de equipos y materiales concretos antes que cimentado en conceptos abstractos, a los que es mejor llegar a partir de las experiencias concretas (Gardner, 1982).

Las AcAb se configuran dentro de una metodología **activa**, el propio alumno interviene en el proceso de aprendizaje de conceptos y búsqueda de modelos, a través de la realización de observaciones y experiencias sencillas, desarrollando su sentido de la observación y de búsqueda de datos e interpretación de los mismos.

Las AcAb son **abiertas** en dos sentidos fundamentales. Se abren en un sentido interdisciplinar e integrador, tanto a la Industria, Naturaleza y Sociedad en general, como a otras disciplinas científicas y humanísticas. Y son abiertas a los distintos niveles de enseñanza según el grado de tecnificación y conceptualización utilizado, a la vez que el planteamiento de nuevas experiencias e interrogantes, dejan en el alumno el sentimiento de la necesidad de profundizar posteriormente en los modelos y conceptos adquiridos.

DESARROLLO DE LA AcAb “COMBUSTION”

a) *Descomposición térmica.*

La AcAb se inicia calentando azúcar y otras sustancias muy conocidas por el alumno (madera, papel,...), que son lábiles térmicamente, para mostrar el proceso de descomposición térmica. Los términos de la descomposición $C + H_2O$, nos llevarán a la intuición de la composición química de los hidratos de carbono.

Se introduce la idea de que la inestabilidad térmica está relacionada con la complejidad de las sustancias, que depende del número y ordenación de los átomos que las forman.

Esta idea es interesante por un lado para enfrentar las sustancias inestables como las que estamos descomponiendo, con sustancias muy estables (H_2O , $NaCl$,...), vistas en AcAb anteriores, y por otro lado, porque el paso previo a la combustión de sustancias no volátiles se interpretará posteriormente como un proceso de descomposición térmica.

Distintos niveles de inestabilidad térmica, son hechos conocidos por los alumnos para sustancias complejas como los alimentos, que tienen que ser conservadas a bajas temperaturas, la carbonización de productos alimenticios sometidos a elevadas temperaturas, etc.

b) *La llama. Proceso de la combustión.*

La observación de la llama (de una vela) nos llevará a la idea de combustión como proceso de desprendimiento de energía (exotérmico) en forma de calor y luz, y nos permitirá investigar los elementos y compuestos que intervienen en el proceso.

En este punto tenemos que aclarar que, como idea inicial del núcleo Química del proyecto AcAb, se ha establecido la teoría atómica de la materia y un modelo sencillo de estructura de los átomos (modelo del octete) que consideramos imprescindible para este nivel, estando de acuerdo con las taxonomías para el análisis del curriculum que proponen Shayer y Adey (1984) para alumnos de estas edades que se encuentran en la transición entre los niveles concreto avanzado y formal inicial. Con este sencillo modelo se tiene en la mano la suficiente capacidad explicativa para evitar las dificultades que su carencia presenta, como demuestran investigaciones que se han llevado a cabo en este sentido. H. Pfundt (1981) estudió las concepciones que los alumnos de 8 a 13 años tienen acerca de la combustión del alcohol, resultando que la mayoría consideran esta combustión como un proceso de **destrucción irreversible** (la sustancia jamás podrá ser recuperada), y los que no piensan así es porque asocian el proceso de combustión del alcohol a la **evaporación** del agua ya que “una sustancia líquida incolora desaparece sin dejar residuos”.

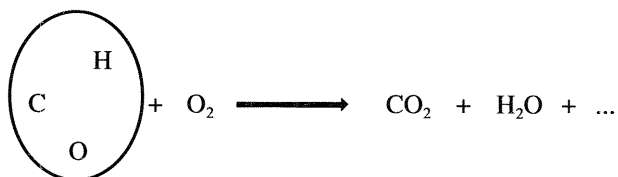
También Carbonell y Furió (1987) confirman que la “no permanencia” en los cambios químicos está mucho menos asumida que la permanencia en los cambios físicos y que hay una gran influencia curricular en la asimilación del concepto de reacción química.

En la combustión de la vela se analiza la necesidad del aire (en definitiva del oxígeno) para que la combustión persista (experiencia que ya se hace normalmente en anteriores cursos de la EGB), se analiza la presencia de CO_2 como producto de combustión y sobre todo se identifica el agua entre los productos de la combustión. La sencilla experiencia de colocar un objeto frío (de cristal, un vidrio de reloj p. ej.) cerca de la llama y ver como se empaña se puede llevar a cabo en este momento.

La existencia de agua entre los productos de combustión es mucho más difícil de aceptar que la de CO₂. Meheut (1985) en un estudio sobre las concepciones que tienen los niños de 11-12 años sobre la combustión, constata este problema. Incluso a pesar de la aparición experimental de agua en la combustión de la madera o alcohol, los alumnos sólo entienden que aparezca si ya la hubiese antes (preexistencia) en la sustancia que se quema (química preatómica).

La dificultad del agua como producto de combustión también la hemos puesto de manifiesto nosotros en una encuesta con 57 alumnos de 8º de EGB de la Escuela Aneja a nuestra Escuela Universitaria del Profesorado de EGB, en la que sólo 19 (un 33,3 %) contestaron **agua** entre los productos de combustión del gas butano.

Llegamos así al esquema que resume el proceso de combustión de la vela, representación que servirá para otros combustibles que se puedan utilizar (madera, parafina,...):



Con esta representación de combustible, intentamos no enfrentar al alumno con la complejidad de la fórmula química, el esfuerzo exigido desviaría su atención del objetivo propuesto en esta AcAb. Los puntos suspensivos quieren indicar la existencia de productos de combustión (contaminación) debidos a la presencia en los combustibles de otros elementos (S, N,...).

c) Partes de la llama y luminosidad.

Se analizan las distintas partes de la llama para distinguir fundamentalmente la parte **interior**, oscura y a baja temperatura, de la **exterior**, más luminosa y de mayor temperatura (la diferencia de temperaturas puede ponerse de manifiesto por el tiempo que tarda en encenderse una cerilla cuya cabeza se introduce en la zona interior o exterior de la llama).

Pasamos luego a cortar la llama (p. ej. un objeto de porcelana). El alumno observa el ennegrecimiento que aparece invitándosele a que interprete este hecho. M. Meheut (loc. cit.) encontró en su investigación que para muchos alumnos (un 39%) el negro que aparece, es debido a que se “quema” el objeto y no asociado de ninguna manera al humo que sale de la vela. La investigación del ennegrecimiento puede ser enriquecida con la comparación de llamas poco luminosas (alcohol, butano,...), con llamas muy luminosas acompañadas de gran desprendimiento de humo (benceno, acetileno,....., sustancias con elevada proporción de carbono).

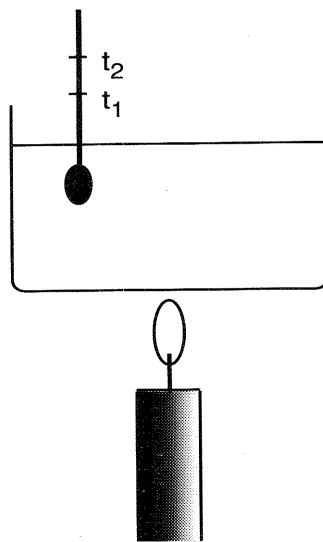
Resulta difícil para el alumno la interpretación de que la luminosidad de las llamas depende, en su mayor parte, de la existencia en ellas de partículas sólidas incandescentes (existencia de un proceso de descomposición térmico previo a la combustión).

d) *Contenido energético de los combustibles.*

Una vez estudiados los procesos de combustión desde un punto de vista más cualitativo, podemos adentrarnos ahora (como límite para la EGB) en la parte semi-cuantitativa de estos procesos: los calores de combustión de las velas o del alcohol.

La experiencia puede llevarse a cabo por grupos de alumnos, que al final unen los datos obtenidos en una puesta en común, recogidos en una tabla o representándolos en una gráfica (dominio de la construcción de tablas y gráficas).

Los distintos grupos de alumnos calentarían, con la misma cantidad de combustible (tiempo de encendido de la vela o el mismo volumen de alcohol), distintas cantidades de agua:



m_{agua} (g)	t_1 (°C)	t_2 (°C)	Q(cal)	$m_{\text{comb.}}$	C_c (cal/g)
100					
200					
300					
400					
500					

De esta forma se determina experimentalmente, al menos, el orden de magnitud de los calores de combustión, más o menos cercano al valor real dependiendo del mayor o menor aislamiento.

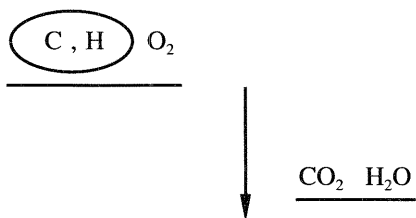
Si se hace en un vaso de precipitados se pierde aproximadamente un 50% de calor, llegando a calores de 6 kcal/g para la vela y 3,5 kcal/g para el etanol.

La comparación de los calores de combustión y las estructuras, puede ser ampliada con valores tabulados (etanol, metanol,...), una vez admitido por el alumno el error experimental a que aludimos anteriormente.

El hecho de llegar a estos valores es importante para que el alumno comprenda el sentido físico y el orden de magnitud de “esos números” que se dan al hablar del valor calórico de los alimentos: 9 kcal/g, para las grasas y 4 kcal/g, para los hidratos de carbono o las proteínas.

Estos combustibles estudiados junto con otros conocidos por el alumno como la madera, los derivados del petróleo (gasolinas, butano,...) nos van a llevar a la idea clave de esta AcAb: “Los compuestos del carbono son sustancias con elevado contenido energético frente al agua y el CO₂ (recordemos, sustancias muy estables)”.

Un diagrama como el que sigue, puede ayudar a la comprensión de la anterior afirmación:

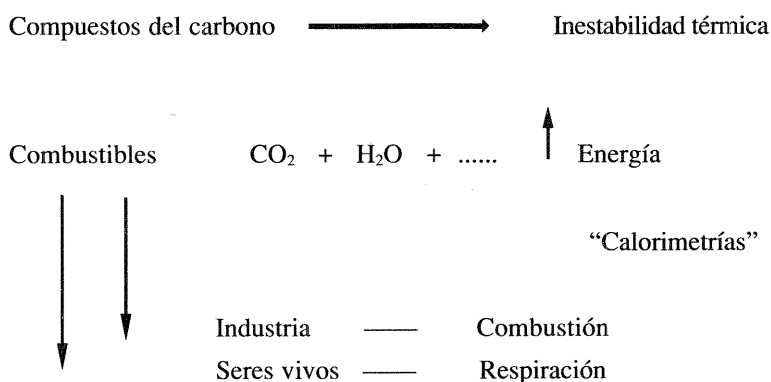


Esquema que coincide con el utilizado por Holman (1985) en su artículo sobre la energía química para el caso particular del metano. Este autor resalta que las ideas sobre la formación y rotura de enlaces no son fáciles de entender por los alumnos.

También interesa destacar la idea de que cuanto más oxígeno tenga ya el compuesto de carbono (CO₂, alcoholes, hidratos de carbono, grasas, vela) menor será su contenido energético, idea que ayudará a los biólogos en sus problemas didácticos para que sus alumnos interpreten los procesos que conllevan cambios energéticos, sobre todo en lo que se refiere a la respiración, como apunta Wood (1985). El hecho de que la respiración sea un proceso de liberación de energía controlado, sin llama, presenta al alumno una incógnita que le estimulará en estudios posteriores (Ciclo de Krebs,...).

La relación de la composición (estructura en sentido amplio) del combustible y su poder calorífico, abre un camino al estudio de las estructuras de los principales compuestos orgánicos del carbono (hidrocarburos, alcoholes, etc.).

ESQUEMA CONCEPTUAL DE LA AcAb "COMBUSTION".



AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad de Santiago su colaboración y financiación a través de dos ayudas, una individual (a F.M.L. en el curso 84-85) y otra al grupo (curso 85-86), así como una beca a uno de nosotros (F.M.L.) para la estancia en el Instituto de Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza (IPN) de la Universidad de Kiel en la RFA.

A la Consellería de Educación e Ordenación Universitaria de la Xunta de Galicia por la financiación del Seminario Permanente y la concesión de la ayuda para el fomento de la investigación científica y técnica: XUGA71804688.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AUSUBEL, D.P., 1976, Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo (Trillas, México).
- BENT, H.A., 1986, A Burner and a Beaker: Experiments for a First Day in a First Course in Chemistry, *Journal of Chemical Education*, Vol. 63, pp.890-893.
- BROWN, S.A., 1977, A Review of the Meanings of, and Arguments for, Integrated Science, *Studies in Science Education*, Vol. 4, pp.31-62.
- BUTTLE, J., 1975, Chemistry and the curriculum, en *New Movements in the Study and Teaching of Chemistry*, (Temple Smith, Londres).
- CARBONELL, F. y FURIO, C.J., 1987, Opiniones de los adolescentes respecto del cambio sustancial en las reacciones químicas, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 5, pp.3-9.
- DIERKS, W., 1985, Aspects of educational research considered when developing the IPN course "Matter and its Conversion" and the MNU recommendations on how to plan chemistry syllabuses for lower secondary level, IPN - Polycopy, Kiel.
- GARDNER, M., 1982, Career-span education for the chemistry teacher, *European Journal of Science Education*, Vol. 4, pp.137-147.
- HOLMAN, J., 1985, Teaching about energy-the chemical perspective, *Proceedings of an invited conference: Teaching about energy within the secondary science curriculum (The University of Leeds)*, pp.47-52.
- MEHEUT, M., SALTIEL, E. y TIBERGHEN, A., 1985, Pupils' (11-12 year olds) conceptions of combustion, *European Journal of Science Education*, Vol. 7, pp. 83-93.
- PFUNDT, H., 1981, Pre-instructional Conceptions about Substances and Transformations of Substances, *Proceedings of the International workshops on Problems Concerning Students' Representation of Physics and Chemistry Knowledge*, pp.320-341 (Ludwigsburg).
- SHAYER, M. y ADEY, P., 1984, *La Ciencia de Enseñar Ciencias* (Narcea, Madrid).
- TALL, G., 1981, British Science Curriculum Projects - How Have They Taken Root in Schools?, *European Journal of Science Education*, Vol. 3, pp.7-36.
- WOOD-ROBINSON, C., 1985, Energy-a biologist's viewpoint, *Energy Matters:Proceedings of an invited conference: Teaching about energy within the secondary science curriculum (The University of Leeds. Eds. R. Driver y R. Millar)*, pp. 53-57.