

# ***REPRESENTACIONES GRÁFICO-MATEMÁTICAS COMO RECURSO DIDÁCTICO EN QUÍMICA***

Soledad Esteban Santos  
Carlos Romera Carrión  
UNED. Madrid

## **INTRODUCCIÓN**

Resulta preocupante observar que, últimamente, la mayoría de los trabajos que se pueden encontrar en publicaciones del área de la didáctica tienen una orientación hacia las grandes generalizaciones, pero pocas aplicaciones prácticas. Sin embargo, cuando se releen textos ya no tan recientes, como los de Novak (1977), llama más la atención este hecho, pues en ellos aparecen numerosos ejemplós de aplicación, en gran parte dedicados a las ciencias experimentales.

La incorporación de las llamadas "nuevas tecnologías", que permiten aportar una serie de elementos de apoyo y también motivadores en el proceso de enseñanza y aprendizaje, no termina de cumplir con lo propuesto por Winn (1986), cuando plantea la necesidad de llevar a cabo una investigación en tecnología educativa dirigida a resolver problemas prácticos en contextos reales. También Medina y Sanmartin (1989) proponen que es la creatividad de carácter operativo el verdadero motor del desarrollo cultural.

Las herramientas informáticas aparecen como un importante auxiliar para romper con una rutina bastante frecuente en la enseñanza de las ciencias, donde la secuencia suele ser:

1. Exposición de contenidos por parte del profesor;
2. Resolución de ejemplos por el profesor;
3. Resolución de ejercicios por los alumnos;
4. Evaluación calificadora.

Muchas veces la falta de interés en los alumnos está motivada por una forma de planteamiento, que según Guzmán (1993) se debe a que "la visión del tema que se nos brinda en muchos de nuestros libros de texto se parece, en demasiadas ocasiones, a una novela policial que aparece ya destripada desde el principio, por haber comenzado contando el final. Contada de otra forma más razonable podría ser verdaderamente apasionante".

En contraposición a ese planteamiento anterior estaría el método heurístico que, en líneas generales, consiste en presentar situaciones que activen la capacidad descubridora de los alumnos, de manera que, con la guía del profesor, puedan ir hallando los resultados. Mientras el estudiante se convierte en un sujeto activo, la labor del profesor consiste en motivar y orientar a aquél con la finalidad de que pueda llegar a descubrir conceptos y encontrar soluciones a las cuestiones planteadas.

Para cumplir con la propuesta anterior se puede hacer uso de las teorías de enseñanza mediante la resolución de problemas, aunque algunos pedagogos opinan que esto no es posible, como el mismo Gagné (1971), según el cual las destrezas de pensamiento no se pueden enseñar en el vacío. En el mismo sentido, ya a principios de siglo, Dewey (1910) proponía cinco etapas para conseguir ese objetivo. Actualmente se tiene muy en cuenta el método del profesor húngaro Polya (1986), que define los siguientes pasos:

1. Comprender el problema;
2. Imaginar un plan;
3. Desarrollar el plan;
4. Examen del resultado.

Teniendo en cuenta esta última teoría, con las limitaciones lógicas que aparecen en esta comunicación, se discute el desarrollo de un trabajo que permite analizar las ventajas que, desde un punto de vista didáctico, supone el que los alumnos construyan por sí mismos gráficas correspondientes a determinados fenómenos físico-químicos, con el apoyo de medios informáticos.

## **PROPUESTA DE TRABAJO**

Las áreas de carácter científico-experimental, como es el caso de la química, abarcan muchos contenidos que han de expresarse y desarrollarse mediante un lenguaje matemático (hace ya más de tres siglos Galileo decía "la naturaleza es un libro abierto y el lenguaje en que está escrito es el de la mate-

mática"). Esto supone para los alumnos en general, y muy especialmente para aquéllos de los primeros cursos de química, un problema añadido ante el aprendizaje de esta disciplina, que ya de por sí suele resultar árida y difícil de estudiar.

Gran cantidad de principios y de leyes que rigen y explican los procesos químicos se sintetizan en fórmulas matemáticas que el estudiante deberá ser capaz de comprender e interpretar. Es cierto que los conocimientos matemáticos necesarios para ello ya han sido adquiridos -o al menos tratados- por los alumnos durante sus cursos de matemáticas. Sin embargo, suelen explicarse de forma abstracta, sin ubicarlos dentro de una situación práctica y real, como es el caso de los fenómenos estudiados por la química. Por otra parte, es importante aclarar el sentido de las ideas y conceptos matemáticos aplicados al estudio de esta ciencia experimental y no insistir demasiado en los aspectos de cálculo, que hoy en día se pueden resolverse de manera rápida y fácil con la ayuda de programas informáticos.

El profesorado habrá de ser consciente de estas condiciones y, en consecuencia, deberá facilitar el aprendizaje de sus alumnos en ese sentido, ya que la aparición de elementos matemáticos en el campo de la química es, además de frecuente, muy diversa. Así, en el desarrollo de la mayoría de problemas y ejercicios es necesario utilizar leyes de proporcionalidad, realizar operaciones con logaritmos, etc.. Otras veces, se han de manejar integrales y derivadas como instrumentos imprescindibles para la interpretación de muchos procesos físico-químicos (como ocurre en la cinética de reacciones).

Muchos son los ejemplos que podrían seguirse citando. No obstante, los casos más interesantes los constituyen, tal vez, aquéllos en que ecuaciones matemáticas, expresión de determinados comportamientos de la materia, pueden ser representadas gráficamente. La construcción por el alumno de las gráficas correspondientes le ayudaría notablemente a comprender mejor el fenómeno que simbolizan. Por tanto, encontrar vías para que los estudiantes sean capaces de construir por sí mismos esas gráficas, de manera sencilla e incluso atractiva, puede resultar un eficaz refuerzo en el aprendizaje de todos esos conceptos.

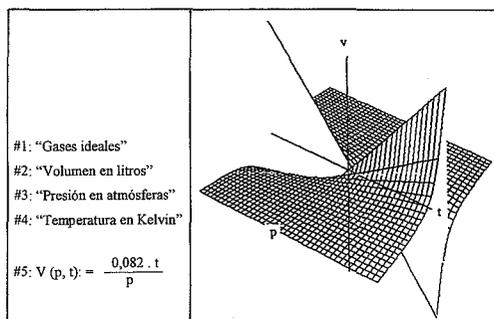
Por otra parte, la utilización, dentro del campo de la informática educativa, de los llamados asistentes matemáticos en su aplicación concreta a la realización de gráficas, podría ser una de las vías para cumplir con lo anteriormente expuesto. Para ilustrar esta idea, en este trabajo se ha elegido como asistente matemático el DERIVE, debido a la sencillez tanto en su utilización como en sus requerimientos de hardware. Como ejemplo, se tratará la representación gráfica de las leyes de los gases, tema muy básico y general que aparece ya desde los primeros cursos de química.

## DESARROLLO PRÁCTICO

Las ecuaciones de estado de los gases, tanto la correspondiente a gases perfectos como las diversas propuestas para los gases reales, son funciones de dos variables independientes. Ello conduce a tener que hacer representaciones en el espacio tridimensional, tarea nada sencilla, sobre todo cuando se carece de una preparación adecuada para efectuar e interpretar gráficas en perspectiva. DERIVE aparece así como un excelente auxiliar para resolver este problema, ya que permite al alumno tener en un principio una percepción visual general y poder después, mediante la sustitución de algunas variables por distintos valores, analizar diferentes situaciones particulares.

La primera aplicación que se va a desarrollar corresponde al tema de propiedades de los gases perfectos. En la mayoría de los textos aparecen gráficas que representan la relación entre la presión y el volumen de una muestra de gas a temperatura constante (ley de Boyle) y entre el volumen y la temperatura, a presión constante (ley de Charles), pero es habitual que los alumnos simplemente las observen sin hacer un análisis de las distintas situaciones.

Para empezar, se puede llevar a cabo fácilmente la representación de la ecuación de los gases perfectos, en perspectiva, utilizando DERIVE. Se han abierto dos ventanas ( *Fig. 1* ). En la de la izquierda se expone la ecuación a representar y las unidades para cada una de las variables y en la ventana de la derecha aparece la gráfica correspondiente, en la que el volumen es función de las variables independientes, presión y temperatura.



*Figura 1.*

La gráfica anterior permite, una vez analizado el dominio en el que tiene sentido físico, inducir los dos tipos de curvas que se podrán obtener para las siguientes situaciones:

1.- Si se van fijando distintos valores de la temperatura, se obtendrá un grupo de isotermas (hipérbolas equiláteras), que irán apareciendo sucesivamente en la pantalla. En la representación de la Fig. 2, el volumen es función de la presión, para valores de T=cte.

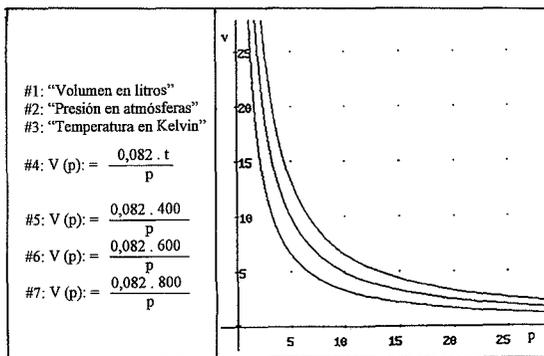


Figura 2

2.- En el caso de hacer la gráfica en la que el volumen es función de la temperatura, para valores fijos de la presión, se obtiene un haz de rectas. En la Fig. 3 se han representado tres de las isobaras pertenecientes a dicho haz.

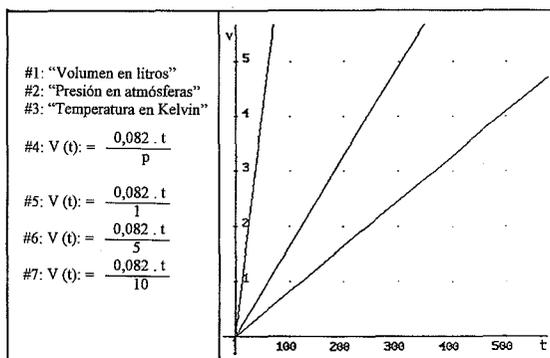


Figura 3

El segundo ejemplo corresponde a la ecuación de los gases reales, debida al físico holandés J. D. van der Waals:

donde **a** y **b** son constantes para cada gas, pero diferentes para los distintos gases.

En un libro clásico, "Termodinámica para químicos" de Samuel Glasstone (1970), aparece la gráfica representada en la Fig. 4, en la que se dibuja la forma de las isothermas, sin señalar los valores de volumen y presión.

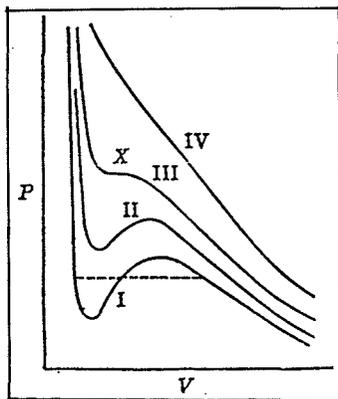


Figura 4. (Isothermas experimentales para el CO<sub>2</sub>)

Si, por ejemplo, se toman los valores de las constantes **a** y **b** que ese mismo libro presenta para el caso del CO<sub>2</sub>, mediante DERIVE se pueden ir haciendo distintas aproximaciones, modificando escalas, hasta obtener la gráfica que aparece en la Fig. 5 y en la que sí se expresan los valores de presión y volúmenes específicos, medidos en las unidades propuestas en el texto.

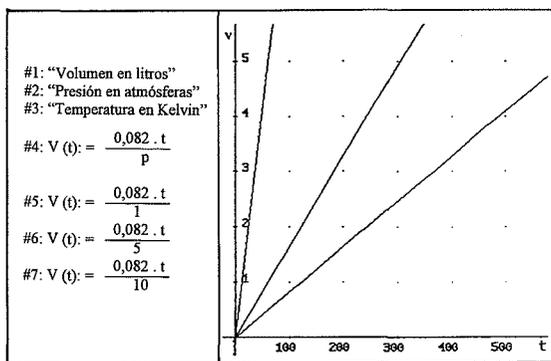


Figura 5

Todavía el alumno puede avanzar un poco más en la investigación y, mediante el cálculo de las derivadas primera y segunda, siempre utilizando DERIVE, averiguar para qué valores se obtienen el máximo, el mínimo y el punto de inflexión en una determinada isoterma, hallar la curva que corresponde a los valores críticos, etc.

Los ejemplos anteriores son de una gran sencillez y sobre temas muy conocidos. Sin embargo, sirven para mostrar la potencialidad que puede tener este recurso didáctico, que permite al alumno "ir creando", frente a la situación de "sólo observar".

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En el Centro Asociado de Cádiz (UNED) se había llevado a cabo un trabajo de investigación con un grupo de alumnos, a los que se les había enseñado a manejar el sistema de cálculo simbólico DERIVE, mediante materiales impresos elaborados por Llorens (1994) y Romera (1996). Como todos esos alumnos cursaban al mismo tiempo asignaturas de Matemáticas y de Química, se decidió ampliar esa investigación analizando los resultados de la aplicación de dicho asistente matemático a la construcción de gráficas en Química. Sólo una parte de los estudiantes participó en la investigación mencionada, por lo que se contó con un grupo de control para hacer un análisis estadístico de resultados.

Una vez realizadas las prácticas correspondientes, se presentó un cuestionario a los alumnos que habían participado del trabajo con DERIVE y a los que constituían el grupo de control y se hizo un contraste de Pearson, obteniéndose diferencias significativas para un nivel  $\alpha = 0,05$  a favor del primer grupo. Es decir, se observó un mejor rendimiento en la interpretación de gráficas por parte del grupo que las había realizado con el ordenador. Sin embargo, tan importante como este resultado fue la actitud positiva que se reflejó en dicho grupo con respecto a la utilización de herramientas informáticas. Esto se pudo observar tanto en otra encuesta de carácter anónimo que se pasó a esos alumnos, como en conversaciones que se mantuvieron con ellos.

De estos resultados se deduce que los estudiantes pudieron desarrollar un aprendizaje activo, abandonando de esta manera el papel de observadores pasivos de unas gráficas ya diseñadas e inamovibles, expuestas en los libros de texto. Además se sumó otro hecho importante: la visión y aceptación por parte del alumnado del sentido interdisciplinar de las ciencias y de su conexión con las nuevas tecnologías aplicadas a la educación.

## REFERENCIAS

- DEWEY, J. (1910) *"How We Think"*. Heat. Boston.
- GLASSTONE (1970) *"Termodinámica para químicos"*. Ed. Aguilar. Madrid
- GAGNÉ, R. (1971) *"Las condiciones del aprendizaje"*. Ed. Aguilar. Madrid.
- GUZMÁN, M. DE Y GIL, D. (1993) *"Enseñanza de las Ciencias y la Matemática"*. Ed. Popular S.A. Madrid.
- LLORENS, J.L. (1994) *"Introducción al uso del DERIVE"*. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.
- MEDINA M. Y SANMARTÍN J. (1989) *"Filosofía de la tecnología"*. INVESCIT y el programa TRENAS. Antropos, 94/95.
- NOVAK, J. (1982) *"Teoría y práctica de la educación"*. Alianza Universidad. Madrid.
- POLYA, G. (1986) *"Cómo plantear y resolver problemas"*. Trillas. México.
- ROMERA, C. (1996) *Curso Superior de Informática Educativa"*. UNED. Madrid.
- WINN, B. (1986) *"Emerging trends in Educational Technology research"* Paper presented at the Annual Convention of the Association for Educational Communication Tecnology. Las Vegas.