
EL USO Y EL VOLUMEN DE INFORMACIÓN EN LAS REPRESENTACIONES GRÁFICAS CARTESIANAS PRESENTADAS EN LOS LIBROS DE TEXTO DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

GARCÍA GARCÍA, JOSÉ JOAQUÍN

Departamento de Enseñanza de las Ciencias y las Artes

Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia

Resumen. Las representaciones gráficas cartesianas son muy importantes en los currículos de ciencias y matemáticas. En la ciencia en particular, pueden ser usadas para describir principios, para explicar situaciones y para predecir el comportamiento de los fenómenos. Esta investigación determina los usos que presentan las representaciones gráficas cartesianas incluidas en los libros de física-química y química usados en la escuela secundaria en España y compara este uso con la cantidad de información pertinente presentada dentro y fuera del gráfico, tratando de establecer las tendencias de los autores acerca de este tipo de gráficas.

Palabras clave. Gráficas cartesianas, prácticas científicas, química, libros de texto.

Use and amount of information in Cartesian graphic representation in experimental science textbooks

Summary. The cartesian graphical representations are very important in the curriculums of sciences and mathematics. In science particularly, they can be used to describe principles, to explain situations and to predict the behavior of the phenomena. This investigation determines the uses that display the cartesian graphical representations included in books of Physics - Chemistry used in secondary school in Spain and compares this use with the amount of pertinent information displayed inside and outside the graph, trying to establish the tendencies of the authors about this type of graphs.

Keywords. Cartesians graphs, scientific practices, chemistry, textbooks.

INTRODUCCIÓN

Una representación es una construcción que realizan los sujetos sobre los objetos o fenómenos con los que interactúan. La representación pretende reunir sus características y atributos para servir como su sustituto a efectos comunicativos e intelectuales. Existen dos clases de representaciones: de ámbito mental y de ámbito externo, es decir, privadas y públicas o, lo que es lo mismo, internas y externas (Duval, 1999; Cox, 1999). Las representaciones externas son generadas a través de un

sistema de signos. Estas representaciones son, por lo tanto, representaciones semióticas que pueden ser interpretadas por todos los individuos que conocen el sistema de signos. Por el contrario, las representaciones internas no son de carácter semiótico y sólo pueden ser comunicadas a otros haciendo uso de las representaciones externas o semióticas. El trabajo aquí presentado se interesa por las representaciones semióticas generadas en el campo de la ciencia y específicamente por las representaciones grá-

ficas cartesianas. Este tipo de representaciones gráficas constituye una parte medular del circuito comunicativo en ciencias y del trabajo experimental. Es decir, están en el corazón del trabajo científico. Además, estas representaciones forman parte esencial del currículo escolar (Padilla, McKenzie y Shawn, 1986). En España, el tema de las representaciones gráficas es incluido en el diseño curricular base, tanto en el nivel de educación primaria como en el nivel de educación secundaria obligatoria. En el nivel de educación primaria en el área de matemáticas se incluyen los temas referidos a la organización de la información, la elaboración de gráficos y la iniciación a la estadística. Igualmente en el nivel de primaria en el área de conocimiento del medio se proponen, como temas de estudio, las características y funciones de las representaciones gráficas, sus diferentes tipos y la elaboración de tablas de frecuencias. En el nivel de educación secundaria en el área de ciencias se propone como tema, en diferentes bloques, la construcción e interpretación de gráficas. Así mismo, en el nivel de educación secundaria en el área de matemáticas se proponen como temas de estudio: la interpretación y el tratamiento de la información, la representación de los fenómenos causales, las representaciones gráficas como representación del cambio y de la relación entre magnitudes, las características globales de las gráficas y los diferentes fenómenos gráficos (lineales, cuadráticos, exponenciales, periódicos).

En el campo de la investigación didáctica, el tema de las representaciones gráficas ha sido estudiado desde distintos ángulos. En primer lugar, un grupo importante de investigadores ha basado sus trabajos en la tesis que sostiene que, para que los estudiantes logren altos niveles de ejecución cuando se enfrentan a tareas referidas a la construcción o a la interpretación de gráficas, deben estar en posesión previa de un grupo determinado de habilidades. Así, este grupo de investigadores se ha interesado por determinar el grupo de habilidades que debe poseer un estudiante para enfrentar con solvencia las tareas referidas a la construcción e interpretación de gráficas (Schultz, Clement y Mokros, 1986; Swatton y Taylor, 1994; McKenzie y Padilla, 1986). Igualmente, se han interesado por las formas a través de las cuales es procesada y comprendida la información incluida en las representaciones gráficas cartesianas (Pozo y Martí, 2000; Pozo y Postigo, 2000), así como por los errores conceptuales que puedan presentar los estudiantes cuando las construyen o interpretan (Leinhardt, Zalavsky y Stein, 1990). Es importante anotar que investigar las representaciones gráficas sólo desde este ángulo puede generar una visión limitada de las mismas. En este enfoque limitado, sólo se considera la naturaleza de construcción objetiva de las representaciones gráficas y no se tienen en cuenta los procesos intersubjetivos que dan lugar a cualquier objetivación. Es decir, investigar las representaciones gráficas cartesianas únicamente desde este ángulo deja de lado las intenciones de los sujetos que las construyen, interpretan o usan.

En segundo lugar, otro grupo no menos importante de investigadores ha guiado sus trabajos por la tesis que sostiene que, para que los estudiantes logren un alto grado de ejecución cuando se enfrentan a tareas referidas

a los procesos de construcción e interpretación de gráficas, deben de tener el mayor número de oportunidades para participar activamente en la ejecución de prácticas referidas a estos procesos. Así, para este grupo de investigadores, la destreza de los sujetos en la ejecución de tareas de construcción e interpretación de gráficas está en relación directa con la calidad y el número de prácticas referidas a estos dos procesos, llevadas a cabo por ellos, más que con la posesión *a priori* de un grupo de habilidades. En dicha perspectiva, este grupo de investigadores ha estudiado las prácticas sociales que llevan a cabo los sujetos cuando construyen, interpretan y usan las representaciones gráficas, así como sus imaginarios e intenciones (Ainley, Nadi y Pratt, 2000; Bowen y Roth, 1998; Bowen, Roth y Mcguinn, 1999; Roth y Bowen 1999; Roth, Mcguinn y Bowen, 1997).

Es necesario decir que estudiar las representaciones gráficas desde este ángulo amplía las perspectivas de trabajo sobre el tema y la concepción acerca de las mismas. Es decir, desde este enfoque las representaciones gráficas ya no son sólo construcciones objetivas, sino que también se corresponden con el fruto de un grupo de prácticas sociales enmarcadas en el trabajo colaborativo de la comunidad científica.

En tercer lugar, las representaciones gráficas han sido estudiadas como objetos incluidos dentro de los libros de texto. En esta línea de trabajo, un grupo de investigadores ha encontrado que el uso de las representaciones gráficas al interior de los libros de texto la mayor parte de las veces se limita a la descripción de principios y fenómenos (Ainley, Nadi y Pratt, 2000; Bowen y Roth, 1998; Bowen, Roth y Mcguinn, 1999; Roth y Bowen, 1999; Roth, Mcguinn y Bowen, 1997). O sea, según este grupo de investigadores, las representaciones gráficas cartesianas incluidas en los libros de texto no se presentan como instrumentos de explicación y predicción articulados a los procesos de producción del conocimiento científico.

En este artículo se exponen los resultados de una investigación que se corresponde, en parte, con el segundo enfoque de trabajo y, en parte, con el tercero. Así, en este trabajo, en primer lugar, se investigan los usos y los volúmenes de información que presentan las representaciones gráficas incluidas en los libros de texto. En segundo lugar, se ponen en relación estas dos variables referidas a las gráficas con el fin de establecer si las intenciones de los autores de los libros pueden influir en la modificación de las características presentadas por las gráficas. Por ello, la investigación aquí presentada tuvo dos objetivos. El primer objetivo fue establecer el uso didáctico y científico que los autores de los libros de texto asignan a las representaciones gráficas cartesianas que incluyen en este tipo de publicaciones. El segundo objetivo consistió en comparar el uso didáctico y científico dado a este tipo de gráficas con el volumen y el tipo de información relevante incluida dentro y fuera de ellas con el fin de establecer si existen tendencias por parte de los autores de los textos con respecto al uso y a los volúmenes de información que presentan las representaciones gráficas cartesianas; además de determinar si estas tendencias están relacionadas entre sí. Para llevar a cabo el estudio,

se analizaron las representaciones gráficas cartesianas referidas al campo conceptual de la química presentadas en los libros de texto de física y química, y de química usados en el nivel de bachillerato en España.

HIPÓTESIS Y VARIABLES ESTUDIADAS

En esta investigación se formularon las siguientes hipótesis de trabajo:

Las representaciones gráficas cartesianas incluidas en los libros de texto de física y química y de química para el nivel de bachillerato, referidas al campo conceptual de la química:

– Presentan en su mayoría un uso didáctico expositivo. Es decir, son muy poco utilizadas para plantear problemas o como instrumentos útiles dentro de procesos experimentales. Esto implica que las representaciones gráficas cartesianas no se presentan como herramientas articuladas a los procesos de producción del conocimiento científico como la búsqueda de explicaciones, la predicción de hechos o el encuentro de regularidades y patrones.

– Muestran en su mayoría un uso científico teórico. O sea, no se encuentran relacionadas con grupos específicos de datos que pertenezcan a un dominio natural determinado. Así, prevalece en ellas una orientación didáctica que las muestra como herramientas matemáticas más que como instrumentos útiles para la comprensión científica de hechos.

– Los volúmenes de información que se presentan dentro y fuera de las representaciones gráficas varían de forma importante de acuerdo al uso didáctico o científico que los autores les asignen. Estos desequilibrios en el volumen de información evidencian algunas de las tendencias de los autores de los libros de texto con respecto a los diferentes tipos de gráficas cartesianas de acuerdo al uso que presenten.

Para verificar o no las hipótesis de partida se estudiaron dos grupos de variables:

1) Variables referidas al uso dado a la gráfica.

2) Variables referidas al volumen de información presente dentro y fuera del gráfico.

Sobre el uso dado a la gráfica se estudiaron dos variables: uso didáctico de la gráfica y uso científico de la gráfica.

• La variable «uso didáctico de la gráfica» se refiere a la intención comunicativa con la cual el constructor de la gráfica la presenta. En términos generales, una representación gráfica cartesiana puede ser incluida en un libro de texto con tres objetivos. Así, puede presentarse en el contexto de la exposición de determinados hechos, en el marco de una situación problema o en el interior de una propuesta de trabajo experimental presentada por el libro

de texto. De acuerdo con esto, para el estudio de la variable «uso didáctico» se tienen en cuenta tres categorías posibles y excluyentes:

– Uso expositivo: cuando la gráfica se utiliza para relatar o describir principios o fenómenos.

– Uso problémico: cuando la gráfica se utiliza para formular preguntas o problemas, planteados o resueltos.

– Uso instrumental: cuando la gráfica se usa como herramienta dentro de un proceso de aplicación experimental desarrollado o propuesto dentro del libro de texto.

• La variable «uso científico» se refiere al uso que generalmente se hace en la ciencia de las representaciones gráficas. En las ciencias, una gráfica puede tener dos usos. En primer lugar, puede ser utilizada de forma experimental; es decir, para representar el comportamiento de un grupo de datos relacionados con un fenómeno específico. En segundo lugar, una gráfica puede ser utilizada de forma teórica; es decir, como un modelo abstracto que sirve para representar el comportamiento ideal de las variables relacionadas con el comportamiento de un fenómeno específico. Así, desde la perspectiva de la ciencia, una representación gráfica cartesiana puede ser usada de forma teórica o de forma experimental. Esta clasificación es extensible a las gráficas utilizadas en los libros de texto. Así, las representaciones gráficas incluidas en los libros de texto pueden ser consideradas de uso científico teórico cuando no representan un grupo determinado de datos. Igualmente las representaciones gráficas incluidas en los libros de texto pueden ser consideradas de uso científico experimental cuando sí representan un grupo determinado de datos. De esta forma, la variable «uso científico» de la gráfica presenta dos categorías:

– Uso experimental: cuando la gráfica se usa para representar el comportamiento de un grupo de datos.

– Uso teórico: cuando la gráfica se usa como modelo teórico sobre el comportamiento de los fenómenos.

Sobre la cantidad de información presente tanto dentro del gráfico como fuera de él, se estudiaron dos variables: volumen de información dentro del gráfico y volumen de información fuera del gráfico.

• Volumen de información dentro del gráfico:

Esta variable se refiere a la cantidad de elementos informativos presentados dentro del gráfico. Dichos elementos informativos pueden ser de dos tipos. En primer lugar, elementos informativos estructurales de las gráficas cartesianas como: escalas, nombres de los ejes y título. En segundo lugar, elementos informativos no estructurales como: fórmulas, datos, iconos, signos y símbolos. Para evaluar esta variable se toman en cuenta los siguientes elementos informativos:

– Escalas.

– Unidades claramente identificadas.

- Datos dentro del espacio gráfico, correspondientes a puntos de la línea gráfica o a cifras que representen otro tipo de valores.
- Nombres de los ejes (no sólo una letra).
- Título.
- Fórmulas químicas.
- Ecuaciones algebraicas.
- Datos numéricos en los ejes gráficos, diferentes a los correspondientes a las grandes divisiones de la escala.
- Diferentes tipos de iconos que se pueden referir al fenómeno estudiado o a montajes experimentales relacionados con la construcción de la gráfica.
- Términos. Estos términos pueden ser conceptos como tales o frases cortas de tipo explicativo.
- Inclusión de signos y símbolos propios del campo de la química.

De esta forma, la variable «volumen de información dentro del espacio gráfico» podrá tomar valores comprendidos entre 0 (cero) y 11 (once) según la gráfica analizada, presente o no los indicadores anteriormente señalados.

- Volumen de información fuera del gráfico:

Esta variable se representa por la suma de todos los elementos informativos que se encuentran en el contexto en el cual esta insertada la gráfica, y que estén relacionados significativamente con la misma. Los elementos informativos tenidos en cuenta en esta variable son los siguientes:

- Referencias explícitas a la gráfica.
- Inclusión de prácticas científicas asociadas a la elaboración de la gráfica: montajes experimentales, tablas de datos, etc.
- Referencias a conceptos familiares pertenecientes al campo conceptual de la química y asociados a la relación expuesta en la gráfica.
- Fórmulas matemáticas referidas a funciones asociadas a la gráfica.
- Diferenciación explícita de las variables presentes en la gráfica.
- Referencias a fenómenos cotidianos relacionados con la representación gráfica.

De la misma forma que en el caso anterior, esta variable podrá tomar valores comprendidos entre 0 (cero) y 6 (seis) de acuerdo a si la gráfica presenta o no cada uno de los elementos informativos contemplados.

METODOLOGÍA

Para realizar este estudio se utilizó una muestra constituida por 202 representaciones gráficas cartesianas, incluidas en 15 libros de texto de física y química y de química, usados en el nivel de bachillerato en España.

En una primera etapa, para establecer el uso que los autores de los libros de texto daban a las representaciones gráficas cartesianas, se realizó una doble clasificación de la muestra. En primer lugar, la muestra se clasificó en tres grupos mutuamente excluyentes, de acuerdo a su uso didáctico. En segundo lugar, se clasificó en dos grupos excluyentes de acuerdo al uso científico que presentaban.

En la segunda etapa se determinaron los volúmenes de información que presentaban las gráficas cartesianas tanto dentro como fuera del espacio gráfico. Además, se realizó una prueba de correlación de Pearson (previa determinación de la normalidad de las distribuciones) entre las variables «volumen de información dentro del gráfico» y «volumen de información fuera del gráfico». Esta prueba se realizó con el fin de determinar si las tendencias presentadas por los autores en cuanto a la cantidad de información que incluían dentro y fuera del gráfico eran concordantes. Además, se estableció el coeficiente de determinación r^2 entre estas dos variables con el fin de examinar la fuerza de esta correlación.

En la tercera etapa, se trató de establecer cómo estaba relacionado el uso dado a las gráficas cartesianas incluidas en los libros de texto con la cantidad de información que presentaban. Para ello se realizaron dos estudios por separado. En el primer estudio, inicialmente se compararon las medias que presentaban las variables volumen de información dentro del gráfico y volumen de información fuera del gráfico con arreglo a los valores tomados por la variable «uso didáctico». Luego, para determinar si estas diferencias eran o no significativas se realizan dos pruebas Anova. En el segundo estudio, se compararon los valores de las medias alcanzadas por las variables referidas a los volúmenes de información presentados dentro y fuera de las gráficas, con arreglo a la variable «uso científico de la gráfica». Finalmente para determinar si las diferencias presentadas entre los valores de la media eran significativas, se llevaron a cabo dos pruebas del tipo *t de student*. La presentación y el análisis de la información se realizó utilizando los programas informáticos *Excel 9.0* versión de *Office* para *Windows XP* y *SPSS* versión 10.0 en español.

RESULTADOS: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

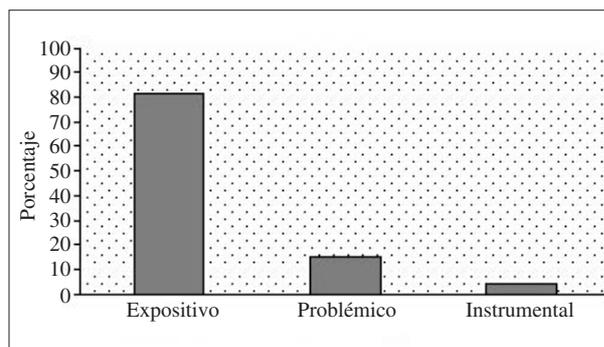
Sobre el uso didáctico dado a las representaciones gráficas

Al clasificar las gráficas de acuerdo a su uso didáctico, se puede observar que la mayor parte de ellas presenta un uso didáctico expositivo (81,2%). Igualmente se

puede observar que el porcentaje de las gráficas que presenta un uso didáctico problémico es menor del 20% (14,9%) y que el de aquéllas cuyo uso didáctico es instrumental está muy por debajo del 10% (4,0%). Estos resultados pueden indicar que los autores de los textos conciben las representaciones gráficas como representaciones del conocimiento científico aisladas de sus procesos de producción, es decir, del planteamiento y la solución de problemas, así como de los procesos de experimentación. Además, revelan que las representaciones gráficas pueden estar siendo presentadas como un producto terminado. O sea, que las representaciones gráficas cartesianas se presentan sin ninguna relación con los procesos de delimitación de campos experimentales, de planteamiento de interrogantes acerca de dichos campos, de recolección y análisis de datos o de ajuste y tipificación de las mismas. Desde los resultados obtenidos puede inferirse que posiblemente existe una tendencia por parte de los autores a mantener en los libros de texto la separación tradicional entre teoría, problemas y experimento, que usualmente se presenta en las aulas de clase, y a privilegiar el componente teórico frente al componente de carácter práctico, constituido este último por la resolución de problemas y la realización de experimentos (Gráfica 1). Igualmente, los porcentajes obtenidos luego de haber realizado la clasificación de las gráficas de acuerdo a su uso didáctico pueden ser un indicador de que existe una tendencia por parte de los autores de los textos a conceder poca importancia a la utilización de las representaciones gráficas cartesianas como parte de la formulación de los problemas; es decir, a privilegiar las formas de representación propias del lenguaje natural para construir los problemas que proponen en los textos.

Gráfica 1

Distribución porcentual de 202 gráficas de acuerdo a su uso didáctico.



Por otro lado, el bajo porcentaje en el que se presentan las gráficas cuyo uso didáctico es instrumental puede ser interpretado de varias formas. En primer lugar, el resultado obtenido puede estar mostrando que la naturaleza de los trabajos prácticos presentados en los libros de texto obedece más a la de experiencias que a la de experimentos en toda regla. Así, el objetivo de dichas experiencias sería más interesar al estudiante en el tema que enfrentarle a la elaboración de procedimientos experimentales útiles para generar explicaciones a problemas

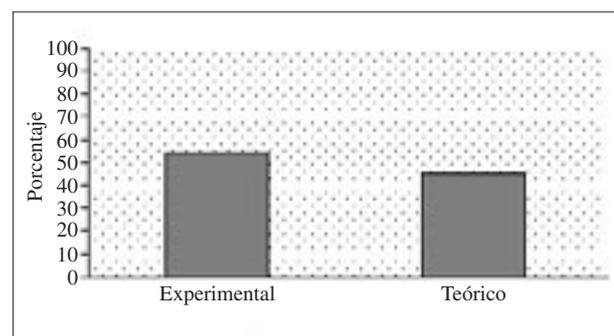
propuestos o para encontrar patrones de comportamiento entre las variables contempladas dentro de los fenómenos. Así mismo, la ausencia de representaciones gráficas cartesianas ofrecidas dentro de los trabajos prácticos presentados en los libros de texto podría ser un índice de que dichos trabajos prácticos son presentados como «formas de mostrar», gruesas y poco refinadas, más que como procesos planeados y controlados, que incluyen demostraciones propiamente dichas, al igual que tratamientos y transformaciones complejas de la información obtenida a través de un procedimiento experimental. Finalmente, aunque ya ha sido expresado, este bajo porcentaje expresa que los autores de los libros de texto limitan las posibilidades de los textos al campo de la exposición de hechos, dejando de lado otras posibilidades de utilización. Una de estas posibilidades es el uso del libro de texto como cuaderno de trabajo, en el que los estudiantes puedan enfrentar situaciones problema enmarcadas en un dominio experimental y llevar a cabo tareas intelectuales de análisis y de reflexión relacionadas con ellas.

Sobre el uso científico dado a las representaciones gráficas

El porcentaje de gráficas cuyo uso científico es experimental es similar al porcentaje de aquéllas cuyo uso científico es teórico (54,5% y 45,5% respectivamente) (Gráfica 2). Estos resultados pueden ser interpretados de dos formas. En primer lugar, de forma general, pueden indicar que la tendencia de los autores a presentar las representaciones gráficas cartesianas sólo como el producto del proceso de la abstracción es superada por la tendencia que favorece su presentación como el producto del establecimiento de las relaciones que se pueden observar en un grupo de datos obtenidos experimentalmente.

Gráfica 2

Distribución porcentual de 202 gráficas de acuerdo a su uso científico.



En segundo lugar, a pesar de este primer indicio de carácter general, los resultados observados tal vez puedan ser interpretados como el producto de una posible tendencia de los autores a tratar de proporcionar un respaldo empírico a las representaciones gráficas cartesianas, aunque sin que ello implique necesariamente el establecer

relaciones entre la representación gráfica y el dominio experimental al que se refiere.

Por último, es interesante anotar que, en apoyo a la segunda interpretación como en el proceso de clasificación de las representaciones gráficas cartesianas de acuerdo a su uso científico, se encontró una tendencia por parte de los autores, por demás interesante. Lo que se encontró fue que los autores de los textos no establecen de forma explícita ninguna distinción entre estos dos tipos de gráficas. Es decir, no señalan, como idealizaciones a las gráficas de tipo teórico ni como construcciones partir de datos obtenidos en el laboratorio, las gráficas de carácter experimental. Este olvido por parte de los autores de los libros de texto puede hacer que las gráficas presentadas como modelos teóricos puedan ser vistas por los estudiantes como construcciones artificiosas y no como productos de una elaborada tarea de refinamiento y ajuste. Igualmente, cuando no se identifican como tales a las gráficas que representan el comportamiento de un grupo de datos, es posible que el estudiante no pueda establecer claramente las relaciones entre el fenómeno estudiado y las regularidades que expone la representación gráfica. Por otra parte, esta ausencia de precisión sobre el uso científico dado a las gráficas, las presenta aisladas de procesos propios de la producción del conocimiento científico, tales como la determinación de los fenómenos objeto de estudio o la tipificación y el ajuste de las mismas.

Sobre los volúmenes de información dentro y fuera del espacio gráfico

El volumen de información dentro del espacio gráfico en un rango de 0 a 11 presenta una media de 4,11 y una desviación típica de 1,19 (Gráfica 3). Este valor de la media muestra que en general las representaciones gráficas cartesianas incluyen un volumen bajo de información al interior del gráfico. El volumen de información fuera del espacio gráfico en un rango de 0 a 6 presenta una media de 3,04 y una desviación típica igual a 1,74 (Gráfica 4). Así, en general el volumen de información incluido al exterior del gráfico es ligeramente superior a la mitad del valor máximo que se puede alcanzar. De esta forma, al parecer, los autores de los textos incluyen un mayor volumen de información pertinente fuera del gráfico que dentro de él.

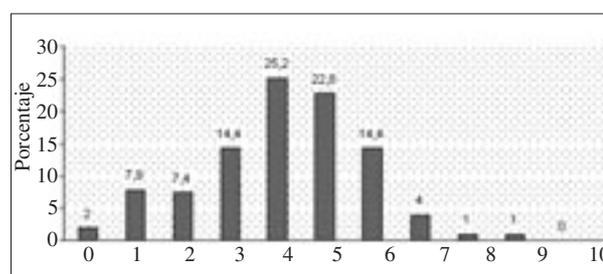
El análisis del ajuste a la curva normal de las distribuciones de las variables referidas a los volúmenes de información dentro y fuera del gráfico mostró que la distribución de ambas variables presentaba valores de curtosis y de asimetría cercanos a cero (0,034 y -0,122 para la curtosis; 0,165 y 0,275 para la asimetría, respectivamente). Puesto que el coeficiente de curtosis es una medida de la concentración de la distribución en torno a la media y el coeficiente de asimetría, una medida de la asimetría de la distribución de los valores respecto a la media, se puede afirmar que las dos variables presentan una distribución de tipo normal.

La distribución tipo normal de las dos variables posibilitó la aplicación del coeficiente de correlación de Pearson *r*. El valor del coeficiente de correlación fue de 0,469

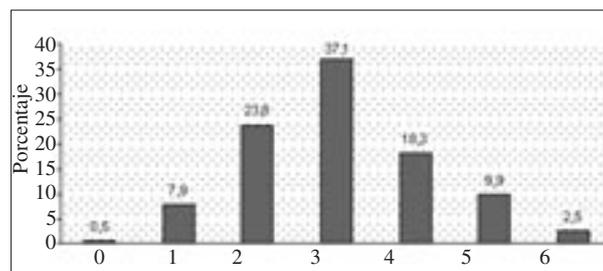
(significativo al 0,05 bilateral) mayor que el valor teórico de *r* para N- 2 grados de libertad (0,1338). El coeficiente de determinación *r*² fue de 0,219; es decir, muestra cómo esta correlación explica la variación del 21,9% de los datos.

Los resultados obtenidos rechazan la hipótesis nula y muestran que existe una correlación moderada entre los volúmenes de información presentados dentro y fuera del gráfico. Cuando los autores incluyen una mayor cantidad de información dentro de la gráfica, también lo hacen fuera de la gráfica y viceversa.

Gráfica 3
Distribución porcentual de 202 gráficas cartesianas en los libros de texto de física y química de acuerdo al volumen de información dentro del gráfico.



Gráfica 4
Distribución porcentual de 202 gráficas cartesianas presentadas en 15 libros de texto de física y química de acuerdo al volumen de información fuera del gráfico.



Sobre la comparación entre el uso didáctico dado a las gráficas y el volumen de información presentado por ella

Una vez clasificadas las representaciones gráficas en tres grupos de acuerdo a su uso didáctico, se procedió a determinar el valor que presentaba la media aritmética de las variables referidas al volumen de información dentro y fuera del gráfico, para cada uno de estos tres grupos de gráficas.

La comparación de estos valores mostró, en primer lugar, que, en el grupo de gráficas cuyo uso didáctico es instrumental, los valores de la media aritmética pre-

sentados por ambas variables referidas a los volúmenes de información son superiores a los presentados por los otros dos grupos de gráficas. En segundo lugar, mostró que los valores de la media tanto para el volumen de información dentro del espacio gráfico como fuera de él son bastante más bajos en el grupo de gráficas cuyo uso es el problemático.

Los resultados de la prueba Anova muestran que los valores de la *F* de Snedecor, para el volumen de información dentro del gráfico (9,062) y para el volumen de información fuera del gráfico (15,667), son significativos con *p* valores menores que 0,05 (0,000 para ambas variables).

Estos resultados obligan a rechazar la hipótesis nula. Es decir, indican que las diferencias encontradas entre los valores de la media referidas a las variables «volumen de información dentro del gráfico» y «volumen de información fuera del gráfico» presentadas por los grupos con-

formados por las gráficas con distintos usos didácticos no son debidas al azar.

Finalmente, para obtener una visión más clara de la influencia que presentaba el uso didáctico en volumen de información dentro y fuera del gráfico, se realizó una prueba de comparaciones múltiples de Scheffé.

Los resultados de la prueba Scheffé muestran que la media presentada por el grupo de gráficas cuyo uso didáctico es instrumental se diferencia significativamente de la presentada por el grupo de gráficas cuyo uso es problemático, además de diferenciarse un poco menos pero de forma igualmente significativa de la media presentada por el grupo de gráficas cuyo uso es expositivo. Así mismo, permite observar que la diferencia observada entre los valores de la media que presentan los grupos de gráficas (uso expositivo y uso problemático para las variables referidas a los volúmenes de información incluidos en el gráfico), es igualmente significativa.

Tabla I
Comparación de medias del volumen de información interno y externo *versus* el uso didáctico de las gráficas.

Uso de la representación gráfica		Estadígrafos	Información dentro del gráfico	Información fuera del gráfico
Uso didáctico de la representación gráfica	Expositivo	Media	4,20	3,15
		N	164	164
		Desviación típica	1,64	1,05
	Problemático	Media	3,20	2,13
		N	30	30
		Desviación típica	1,81	1,38
	Instrumental	Media	5,88	4,25
		N	8	8
		Desviación típica	2,03	1,04

Tabla II
Prueba Anova: volúmenes informativos de los gráficos *versus* usos didácticos de los mismos.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Información dentro del espacio gráfico	Intergrupos	50,950	2	25,475	9,062	,000
	Intragrupos	559,431	199	2,811		
	Total	610,381	201			
Información fuera del espacio gráfico	Intergrupos	38,443	2	19,222	15,667	,000
	Intragrupos	244,156	199	1,227		
	Total	282,599	201			

Tabla III

Prueba Scheffé de comparaciones múltiples: volúmenes informativos de los gráficos *versus* usos didácticos de los mismos.

Variable dependiente	(I) Uso semántico	(J) Uso semántico	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Información dentro del espacio gráfico	Expositivo	Problemático	1,00*	,333	,013	,17	1,82
		Instrumental	-1,68*	,607	,023	-3,18	-,18
	Problemático	Expositivo	-1,00*	,333	,013	-1,82	-,17
		Instrumental	-2,68*	,667	,000	-4,32	-1,03
	Instrumental	Expositivo	1,68*	,607	,023	,18	3,18
		Problemático	2,68*	,667	,000	1,03	4,32
Información fuera del espacio gráfico	Expositivo	Problemático	1,02*	,220	,000	,48	1,56
		Instrumental	-1,10*	,401	,025	-2,09	-,11
	Problemático	Expositivo	-1,02*	,220	,000	-1,56	-,48
		Instrumental	-2,12*	,441	,000	-3,20	-1,03
	Instrumental	Expositivo	1,10*	,401	,025	,11	2,09
		Problemático	2,12*	,441	,000	1,03	3,20

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05.

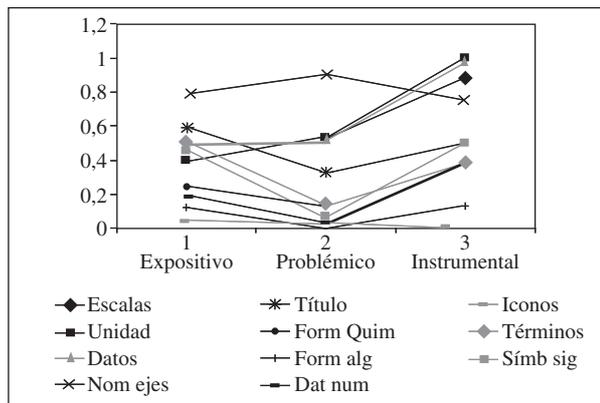
El primer resultado observado tal vez pueda explicarse por la tendencia de los autores a adjuntar, en el exterior de las gráficas cuyo uso didáctico es instrumental, elementos informativos referidos a prácticas científicas asociadas a la construcción de la gráfica, como tablas de datos y montajes experimentales, además de otros elementos en el interior de las mismas, como unidades y escalas, relacionados con los procesos de medición y recolección de datos, propios del trabajo experimental. Esto puede hacer la gráfica más rica en elementos informativos y estructurales tanto en su interior como en su contexto.

El estudio descriptivo por componentes de los volúmenes de información incluidos en el interior y el exterior del gráfico permite observar que los componentes del volumen de información dentro del gráfico (escalas, unidad, datos y datos numéricos), así como los componentes del volumen de información fuera del gráfico (prácticas científicas asociadas e inclusión de fórmulas y funciones) presentan los valores promedios más altos cuando el uso didáctico de la gráfica es instrumental.

El segundo resultado observado puede deberse a una tendencia de los autores a ofrecer poca información en los problemas que proponen en los textos. Esta tendencia podría estar relacionada con las exigencias matemáticas usuales de los problemas incluidos en los libros de texto, a partir de las cuales solamente se requiere del reconocimiento de las variables y de la forma en la cual están relacionadas. Esto se puede apreciar mejor en el estudio descriptivo realizado por componentes de los volúmenes informativos dentro y fuera del gráfico. En el estudio se puede observar que el componente del volumen de información dentro del gráfico «nominación de los ejes» así como el componente del volumen de información fuera del gráfico «diferenciación de variables» presentan los valores promedios más altos cuando el uso didáctico de la gráfica es el problemático (Gráficas 5, 6).

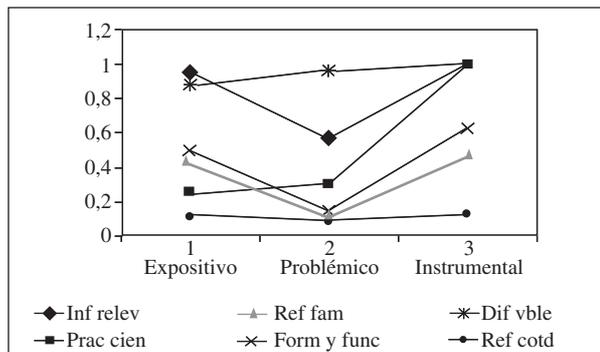
Gráfica 5

Valores promedio de los componentes del volumen de información dentro del gráfico *versus* el uso didáctico dado al gráfico.



Gráfica 6

Valores promedio de los componentes del volumen de información fuera del gráfico *versus* el uso didáctico dado a la gráfica.



El tercer resultado podría deberse a la combinación de tres factores. Así, dependería del objetivo descriptivo que presenta el texto que acompaña a la representación gráfica cuyo uso didáctico es expositivo, de su pretensión de ocuparse únicamente de informar sobre principios científicos establecidos y de cierta tendencia a presentar de forma algebraica los principios científicos. Estos factores harían que elementos informativos como ecuaciones algebraicas referidas a funciones y referencias familiares relacionadas con el campo conceptual de la química sean más frecuentes en el contexto del gráfico. Igualmente, favorecerían el que se diese mayor importancia a la inclusión de elementos informativos como el nombre de los ejes gráficos y el título del gráfico en el que se diferenciaran claramente las variables relacionadas. De nuevo, estas preferencias a la hora de incluir determinados elementos informativos y no otros son confirmadas por el estudio descriptivo realizado por componentes de los volúmenes informativos dentro y fuera del gráfico.

Sobre la comparación entre el uso científico dado a las gráficas y los volúmenes informativos presentados por éstas

Una vez clasificadas las representaciones gráficas en dos grupos de acuerdo a su uso científico, se procedió a determinar el valor que presentaba la media aritmética referida a las variables «información dentro del gráfico» e «información fuera del gráfico» para cada uno de los dos grupos de gráficas.

La simple comparación de medias permite observar que, en el grupo de gráficas con uso científico experimental, los valores de la media aritmética para las variables «in-

formación dentro» e «información fuera del gráfico», son mayores que los valores presentados en el grupo de gráficas con uso científico teórico (Tabla IV).

Los resultados de las pruebas de *t de student* mostraron cómo la *t* experimental fue mayor que la *t* teórica. Estos resultados obligan a rechazar la hipótesis nula, o sea, a afirmar que las diferencias encontradas entre los valores de la media para las variables «información dentro del gráfico» e «información fuera del gráfico» presentados por los grupos conformados por las gráficas con distintos usos científicos no son debidas al azar.

Este resultado puede ser posiblemente generado por la relación que usualmente se presenta entre este tipo de gráficas y un fenómeno específico; es decir, con el uso de datos, unidades, escalas y de referentes muy específicos como, por ejemplo, la fórmula de los compuestos químicos. Igualmente, puede ser explicado por la oportunidad que se ofrece en este tipo de gráficas para que se incluyan en su contexto referencias familiares conceptuales y cotidianas sobre las mismas, así como prácticas científicas asociadas con su construcción (tablas, montajes experimentales, etc.). Desde otro ángulo, el mismo resultado puede explicarse por una posible tendencia de los autores de los textos a asignar una forma esquemática y a veces bastante simple a las gráficas utilizadas como modelos teóricos, tal vez con el fin de dotarlas de altos niveles de abstracción. Esta tendencia generaría un mayor uso al interior de la gráfica de símbolos y signos, de términos (conceptos) y de formalizaciones como ecuaciones de tipo algebraico. Igualmente, podría generar una mayor uso de fórmulas y funciones al exterior del gráfico cuando su uso científico es teórico.

Tabla IV
Comparación de medias de información dentro y fuera del espacio gráfico versus el uso científico de las gráficas.

Uso de la representación gráfica		Estadígrafos	Información dentro del espacio gráfico	Información fuera del espacio gráfico
Uso científico de la representación gráfica	Experimental	Media	4,88	3,28
		N	110	110
		Desviación típica	1,44	1,20
	Teórico	Media	3,20	2,76
		N	92	92
		Desviación típica	1,63	1,11

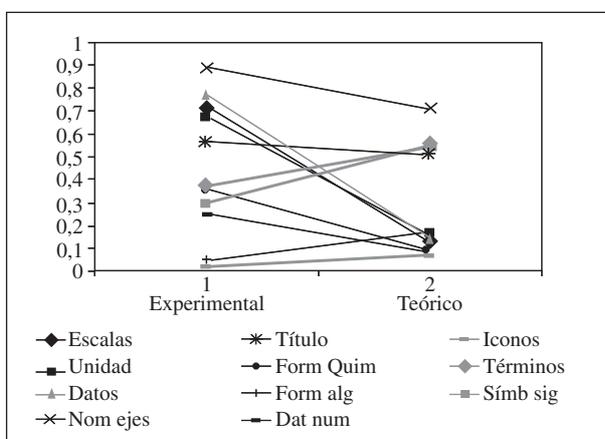
Tabla V
Resultados de la prueba *t de student* (201 grados de libertad y 95 % de nivel de confianza).

Grupos comparados	Variable de agrupación	<i>T de student</i> experimental	<i>T de student</i> teórica alfa: 0,05 (unilateral)	Inferencia estadística
Gráficas cuyo uso científico es experimental versus gráficas cuyo uso científico es teórico	Información dentro del espacio gráfico	2,43	1,960	T exp > T teor Rechazo Ho
	Información fuera del espacio gráfico	3,20	1,960	T exp > T teor Rechazo Ho

El estudio descriptivo que muestra los valores promedio de los componentes de los volúmenes de información tanto dentro como fuera del gráfico en relación con el uso científico de las representaciones gráficas revela la materialidad de estas tendencias. Es así cómo los componentes del volumen de información dentro del gráfico (escalas, unidad, datos, nominación de ejes e inclusión de fórmulas químicas), los componentes del volumen de información fuera del gráfico (referencias familiares o conceptuales), y las prácticas científicas asociadas presentan un valor promedio significativamente mayor cuando el uso científico de la gráfica es experimental.

Gráfica 7

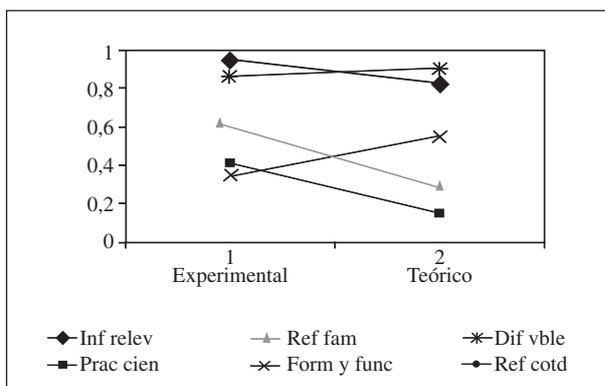
Valores promedio de los componentes del volumen de información dentro del gráfico *versus* el uso científico dado al gráfico.



Por otra parte, el estudio descriptivo también permite observar que los componentes del volumen de información dentro del gráfico (inclusión de símbolos y signos, inclusión de términos –conceptos– e inclusión de fórmulas algebraicas) así como el componente del volumen de información fuera del gráfico (inclusión de fórmulas y funciones) presentan un valor promedio bastante mayor cuando el uso científico de la gráfica es teórico (Gráficas 7, 8).

Gráfica 8

Valores promedio de los componentes del volumen de información fuera del gráfico *versus* el uso científico dado al gráfico.



Por último y con respecto al estudio descriptivo realizado por componentes, es preciso anotar dos resultados que pueden ser interesantes. En primer lugar, este estudio permite observar que el elemento informativo (iconos de diferentes clases, perteneciente al volumen de información dentro del gráfico) es el que menos se presenta. Igualmente, se puede observar cómo el elemento informativo (referencias familiares cotidianas, perteneciente al volumen de información fuera del gráfico) es de menor frecuencia en el contexto en el que se encuentran insertas las gráficas cartesianas.

El primer resultado puede ser debido a una posible tendencia por parte de los autores a no combinar representaciones icónicas con representaciones gráficas. Esta tendencia puede deberse a dos razones. Así, puede creerse que la inclusión de iconos dentro del espacio gráfico desvía la atención del estudiante de las relaciones expuestas en el gráfico. Igualmente, puede obedecer a la creencia en que las relaciones expresadas en los gráficos cartesianos son un hecho matemático y que poco tiene que ver con contenidos fácticos como los que pueden ser expresados por los iconos de diferentes clases. De forma similar aunque no igual, la poca utilización de referencias familiares de carácter cotidiano en el texto que se encuentra acompañando la gráfica puede responder a la tendencia de los autores a presentar la representación gráfica más como un objeto matemático que como un instrumento para comprender hechos que, en un principio, forman parte del mundo de la vida y que han sido convertidos en fenómenos científicos gracias al trabajo intelectual.

CONCLUSIONES

Los resultados del estudio permiten elaborar las siguientes conclusiones:

1) La primera hipótesis planteada en este estudio queda confirmada. El análisis de los resultados muestra que las representaciones gráficas cartesianas incluidas en los libros de texto de física y química y de química usados en el bachillerato en España presentan un uso limitado la mayoría de las veces a la exposición de hechos. Es decir, se hace un reducido uso de ellas para plantear problemas y como herramientas dentro de procesos experimentales. Esta conclusión se corresponde con lo encontrado en otros estudios en los que a este uso reducido de las representaciones gráficas cartesianas se le denomina aproximación didáctica tradicional pasiva (Ainley, Nadi y Pratt, 2000). Este uso limitado de las representaciones gráficas en los libros de texto tiene varias consecuencias en términos didácticos. En primer lugar, presenta las representaciones gráficas a los estudiantes como objetos o productos acabados, más que como el fruto de una actividad científica en la cual no se separan la teoría, las prácticas intelectuales, las prácticas de laboratorio y la resolución de problemas. Es una visión deformada del papel de las gráficas en el marco de la producción del conocimiento científico. En segundo lugar, el limitar el uso de las representaciones gráficas cartesianas sólo a la ex-

posición de hechos no ofrece posibilidades para que los estudiantes puedan realizar prácticas de interpretación y construcción utilizando las representaciones cartesianas incluidas en los textos.

Para responder a esta problemática, en los libros de texto, el número de representaciones gráficas cartesianas usadas para plantear problemas y como herramientas dentro de procesos experimentales debería estar más equilibrado con el número de las representaciones gráficas cartesianas usadas para relatar hechos. Esto daría al libro de texto otras posibilidades además de la posibilidad narrativa; lo convertiría en un material de trabajo intelectual, más que en un instrumento para localizar y recordar información. Esto se puede lograr proponiendo problemas que utilicen gráficas en su planteamiento y que formen parte del desarrollo de los temas; es decir, problemas que no sólo se encuentren al final de la unidad dentro del apartado de ejercicios de refuerzo. Además, los problemas planteados podrían estar relacionados con la puesta en marcha o por lo menos con la descripción de procesos experimentales, lo que reduciría la distancia entre teoría, trabajos prácticos y problemas. Igualmente, podría incluirse, en cada unidad o en cada bloque temático, una práctica experimental que involucrase los procesos de construcción de las gráficas y las diferentes transformaciones de las representaciones elaboradas en este proceso. En esta práctica se deberían incluir las mediciones experimentales, las tablas de datos y el proceso de ajuste a la gráfica, además de los diversos acercamientos a la interpretación de las gráficas construidas. Igualmente, la práctica experimental incluida puede orientarse de forma descriptiva diferenciando las transformaciones que tienen lugar sobre las representaciones construidas o de forma participativa, lo cual permitirá al estudiante realizar sus propias transformaciones sobre las representaciones construidas y sus interpretaciones acerca del significado de las mismas. De esta manera, los estudiantes podrían comprender mejor los procedimientos científicos que las gráficas representan.

2) La segunda hipótesis no puede confirmarse de manera concluyente, aunque la indistinción que se observa en los libros de texto, entre las gráficas cuyo uso científico es experimental y aquellas cuyo uso científico es teórico, puede indicar que la presencia de un grupo de datos adjunto a la gráfica responde más a la tendencia de los autores a ofrecer un soporte empírico a las relaciones expresadas por las gráficas que al establecimiento de relaciones claras entre lo expresado en las representaciones gráficas y un dominio experimental específico. Esta indistinción genera varias consecuencias de carácter didáctico. En primer lugar, enfrenta a los estudiantes como usuarios del libro de texto con un vacío ontológico difícil de llenar. Así, los estudiantes pueden ser inducidos a creer que una gráfica cuyo uso científico es el de modelo teórico representa el comportamiento real de un grupo de datos y no el comportamiento ideal esperado sobre el fenómeno. Igualmente, los estudiantes pueden ser inducidos a creer que las gráficas, cuyo uso científico es el de representar el comportamiento de un grupo de datos, son adecuadas para predecir el comportamiento del fenómeno estudiado sin que se requiera ningún proceso de ajuste

a la representación gráfica. En tercer lugar, esta indistinción puede ofrecer a los estudiantes una concepción sobre las representaciones gráficas cartesianas que las entiende como producciones objetivas independientes de los procesos subjetivos, para las cuales no es necesario especificar su uso científico ni exponer los procesos de tipificación y negociación que supone la construcción de gráficas modelo.

Para responder a esta falta de distinción entre gráficas cuyo uso científico es experimental de aquellas cuyo uso científico es teórico, podrían formularse varias acciones. Así, podría incluirse, en cada unidad o en cada bloque temático, por lo menos una gráfica en dos versiones, la versión que corresponde a la representación inductiva y la que corresponde al modelo ajustado. La inclusión de las dos versiones debería ser acompañada de los procesos matemáticos que dan lugar a la gráfica modelo desde la gráfica que representa datos experimentales tales como ajuste de mínimos cuadrados, transformaciones de unidades y escalas, extrapolaciones o interpolaciones. Además de esto, en todos los casos, las gráficas deberían ser claramente definidas y diferenciadas como modelos explicativos ideales o como representaciones del comportamiento actual de un grupo de datos. De esa forma, los estudiantes podrían reconocer los saltos ontológicos que existen entre los dos tipos de representaciones gráficas.

3) La tercera hipótesis propuesta en este trabajo se confirma. Las diferencias entre las medias aritméticas correspondientes a las variables referidas a los volúmenes de información dentro y fuera del gráfico, para los tres grupos de gráficas que presentan diferentes usos didácticos y los dos grupos de gráficas que presentan diferente uso científico no son debidas al azar. Es decir, es posible inferir que el volumen de información que se presenta tanto dentro como fuera de las representaciones gráficas cartesianas usadas en los libros de texto de ciencias y referidas al campo conceptual de la química está influido significativamente por el uso didáctico o científico que les asignan los autores de los textos. Así, los autores adicionan o sustraen información de las gráficas cartesianas y de su entorno de acuerdo al uso didáctico y al uso científico que ellos les asignan, obedeciendo a ciertas tendencias. Además, el que las variables «volumen de información dentro del gráfico» y «volumen de información fuera del gráfico» estén correlacionadas positivamente confirma que las tendencias presentadas por los autores son coherentes.

Las tendencias observadas en los autores de los textos con respecto al tipo de información que incluyen en las representaciones gráficas cartesianas de acuerdo a su uso didáctico son básicamente dos: a) en primer lugar, la tendencia a aumentar el volumen de información incluida tanto al interior como al exterior de la gráfica cuando ésta presenta un uso didáctico instrumental. Esta tendencia se expresa al adjuntar a este tipo de gráficas elementos informativos referidos a prácticas científicas asociadas a la construcción de la gráfica y relacionadas con los procedimientos de medición y recogida de datos; en segundo lugar, la tendencia a incluir un bajo volumen de información tanto al interior como al exterior

del gráfico cuando éste forma parte de una situación problema, tal vez en relación con el hecho de que, para resolver el problema, los únicos requisitos contemplados sean reconocer las variables implicadas y la relación que existe entre ellas. Por otra parte, con respecto a las tendencias presentadas por los autores sobre la cantidad de información incluida en las gráficas de acuerdo a su uso científico, se presenta la tendencia a esquematizar y simplificar al máximo las representaciones gráficas cuyo uso científico es teórico. Esta tendencia se da quizá con el objetivo de proveer a las gráficas de un elevado grado de abstracción. La tendencia se puede identificar al observar una mayor inclusión, tanto dentro como fuera de las gráficas con uso científico teórico, de símbolos, signos, términos y diferentes tipos de formalizaciones.

Para enmendar el hecho de que las gráficas de uso didáctico «problémico» presenten en general un bajo volumen de información, se pueden proponer varias alternativas. En primer lugar, este tipo de gráficas deberían incluir, sin excepción, escalas bien construidas, unidades adecuadamente definidas y un título que las identifique de forma precisa y explícita y contribuir de esta manera a aumentar el número de elementos informativos útiles para realizar una adecuada comprensión e interpretación de la gráfica por parte de los estudiantes.

En segundo lugar, con respecto al enunciado de los problemas, sería recomendable que se incluyeran, en la medida de lo posible, referencias familiares propias del campo conceptual de la química y pertenecientes a la vida cotidiana del estudiante. De esta forma, la representación gráfica cartesiana incluida dentro del problema podría ser presentada más como una herramienta para la comprensión científica de los fenómenos que como instrumento matemático o como un aditamento informativo incluido dentro del problema.

En relación con el bajo volumen de información interna y externa que presentan las gráficas cuyo uso científico es de carácter teórico, también podrían proponerse varias acciones alternativas. En primer lugar, podría tomarse como regla que toda gráfica, independientemente de su uso científico, debe incluir dentro de ella los elementos

informativos «estructurales» pertenecientes al volumen de información interna. Es decir, debe presentar escalas, unidades, nombres en los ejes y un título adecuado. En segundo lugar, siempre que fuese posible y pertinente, las gráficas «teóricas», podrían inserir iconos y términos (conceptos) dentro del espacio gráfico. Además, podrían añadir, en el contexto en el que se encuentra este tipo de gráficas, descripciones de las prácticas científicas relacionadas con su construcción, referencias familiares propias del campo conceptual de la química y referencias pertenecientes a la vida cotidiana del estudiante, que hagan posible conectar el mundo de la vida con las relaciones «teóricas» expuestas en la gráfica.

Las acciones propuestas, con el fin de aumentar el volumen de información que presentan las gráficas de uso científico teórico tienen varios objetivos comunes. Inicialmente persiguen reducir el nivel de simplificación con el cual se presenta este tipo de gráficas cartesianas, proporcionando una mayor número de elementos informativos, de tal manera que su interpretación por parte de los estudiantes sea más ágil y adecuada. Igualmente, tienen por objeto poner en contacto las representaciones gráficas teóricas con los dominios experimentales a partir de los cuales se recolectan los datos que, una vez transformados, les dan origen. También pretenden ampliar el significado que tienen las relaciones expresadas por el gráfico cartesiano. Finalmente, tienen como objetivo presentar a este tipo de representaciones gráficas, como herramientas útiles para la comprensión científica de hechos, más que como objetos matemáticos abstractos.

AGRADECIMIENTOS

La elaboración de este artículo no habría sido posible sin la colaboración de la Agencia Española de Cooperación Internacional AECI, que financió la realización de los estudios de doctorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales del autor y del Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología «Francisco José de Caldas» COLCIENCIAS, que provee la financiación para que el autor lleve a cabo su trabajo de tesis doctoral en el mismo campo de conocimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AINLEY, J. , NADI, H. y DAVE, P. (2000). The construction of meaning for trend in active graphing. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 5, pp. 85-114.
- BOWEN, G.M. , ROTH, W.M. y MCGINN, M.K. (1999). Interpretations of graphs by university biology students and practicing scientist. Toward a social practice view of scientific representation practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(9), pp. 1020-1043.
- BOWEN, G.M. y ROTH, W.M. (1998). Lecturing Graphing: What features contribute to student difficulties in learning to interpret graphs. *Research in Science Education*, 18(1), pp. 77-90.
- COX, R. (1999). Representation construction, externalised cognition and individual differences. *Learning and Instruction*, 9, pp. 343-363.
- DUVAL, R. (1999). *Semiosis y pensamiento humano. Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Colombia: Universidad del Valle y Peter Lang S.A. Cali.
- LEINHARDT, G., ZALAVSKY, O. y STEIN, M.K. (1990). Functions, graphs, and graphing. Task a learning and teaching. *Review of Educational Research*, 60(1), pp. 1-64.
- MEC. Ministerio de Educación y Ciencia. (1989). *Diseño curricular base*. Madrid: MEC.
- MCKENZIE, D.L. y PADILLA, M.J. (1986). The construction and validation of the graphing in science (togs). *Journal of Research in Science Teaching*, 23(7), pp. 571-579.
- PADILLA, M.J., MCKENZIE, D.L. y SHAWN, E.L. Jr. (1986). An examination of the line graphing ability of students in grades seven through twelve. *School Science and Mathematics*, 86(1), pp. 20-25.
- POZO, J.I. y POSTIGO, Y. (2000). Cuando una gráfica vale más que mil datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. *Infancia y Aprendizaje*, 90, pp. 89-110.
- POZO, J.I. y MARTÍ, E. (2000). Más allá de las representaciones mentales: la adquisición de los sistemas de externos de representación. *Infancia y Aprendizaje*, 90, pp. 11-30.
- ROTH, W.M. y BOWEN, G.M. (1999). Of cannibals, missionaries and converts: graphing competencies from grade 89 to professional science inside (classroom) and outside (field/laboratory). *Science, Technology & Human Values*, 24(2), pp. 179-212.
- ROTH, W.M., MCGINN, M.K. y BOWEN, G.M. (1997). *Graphing: cognitive ability or practice*. Jhon Wiley & Sons, inc.
- SCHULTZ, K., CLEMENT, J. y MOKROS, J. (1986). *Adolescent graphing skills: A descriptive analysis*. Comunicación presentada en el annual meeting of the American Educational Research Association. San Francisco.
- SWATTON, P. y TAYLOR, R.M. (1994). Pupil performance in graphical task and its relationship to the ability to handle variables. *British Educational Research Journal*, 20, pp. 227-243.

[Artículo recibido en abril de 2003 y aceptado en febrero de 2005]

ANEXO I

Lista de textos analizados

Textos de física y química seleccionados

- Agustech, M., Del Castillo, V., Del Barrio, J.I. y Romo, N. (1996). *Física y Química. Ciencias de la naturaleza y de la salud / Tecnología*. Editorial: SM. Madrid.
- Andrés, D.M., Antón, J.L., Barrio de la Cruz, M.C. y González, F. (1996). *Física y Química. 1. Bachillerato. Ciencias de la naturaleza y de la salud / Tecnología*. Editorial: Editex. Madrid.
- Ballesteros, M. y Bario, J. (1999). *Física y Química. Ciencias de la naturaleza y de la salud / Tecnología*. Editorial: Oxford University Press. Navarra.
- De Manuel Torres, E., Balibrea López, S., Jiménez Ruedas, M. y Martínez Gerez, M.L. (1996). *Física y Química 1. Bachillerato. LOGSE*. Editorial Algaida. Madrid.
- Fernández Cruz, R., De Peña Segador, L., Hernández Pérez, J.L. y Lozano Pradillo, A. (2000). *Fotón 1. Física y Química. Bachillerato: primer curso*. Editorial: Vincens Vives. Barcelona.
- García Pozo, T., Cantor Castillejos, M.S, García Serna Colomina, J.R. y Rodríguez Seara, J. (1998). *Física y Química. Bachillerato*. Editorial: Guadiel. Barcelona.
- Martín, J., Fraile, J.M. y Alonso, A. (1996). *Física y Química. Bachillerato B. Ciencias de la naturaleza y de la salud*. Editorial: Santillana. Madrid.
- Morales Ortiz, J.V., Arribas Puras, C.J. y Sánchez Manzanares, J.A. (1997). *Física y Química 1. Bachillerato. Ciencias de la naturaleza y de la salud / Tecnología*. Editorial: Edelvives, Zaragoza.
- Otañón Palomero, G. y Otañón Llorente, E. (2001). *Física y Química 1. Bachillerato. Ciencias de la naturaleza y de la salud / Tecnología*. Editorial: Bruño. Madrid.
- Satoca Valero, J., Tejerina García, F. y Dalmau Flórez, J. F. (2000). *Física y Química. Andalucía 1*. Editorial: Anaya. Barcelona.
- Savirón, J.M., Moreno, A., Pastor, J.M. y Benedí, A. (2000). *Física y Química 1. Bachillerato LOGSE*. Editorial: McGraw Hill. Madrid.

Textos de química seleccionados

- Andrés, D.M., Antón, J.L., Barrio de la Cruz, M.C. y González, F. (1997). *Química 2B. Bachillerato. Ciencias de la naturaleza y de la salud*. Editorial: Editex. Madrid.
- Berrio, J.I. y Montejo, C. (1997). *Química. Bachillerato 2. Ciencias de la naturaleza y de la salud / Tecnología*. Editorial: SM. Madrid.
- Morcillo Rubio, J., Fernández González, M. y Carrión Pérez, V.E. (2000). *Química 2. Andalucía*. Editorial: Anaya. Fuenlabrada, Madrid.
- Ruiz, A., Rodríguez, A., Martín, R. y Pozas, A. (1996). *Química 2. Bachillerato LOGSE*. Editorial: McGraw Hill. Madrid.

ANEXO II

Representaciones gráficas cuyo uso didáctico es expositivo

Nótese que la representación referida a la ley de Avogadro no está acompañada de un grupo de datos, por ello puede clasificarse de acuerdo a su uso científico como de tipo teórico. En cambio, las dos representaciones gráficas referidas a la ley de Boyle Mariotte sí están acompañadas por grupos de datos, por eso se pueden catalogar de acuerdo a su uso científico como representaciones de tipo experimental. Igualmente se puede observar que las representaciones gráficas aquí presentadas incluyen montajes de laboratorio como prácticas científicas asociadas a las gráficas. Fuente: De Manuel Torres, E., Balibrea López, S., Jiménez Ruedas, M. y Martínez Gerez, M.L. (1996). *Física y química 1. Bachillerato LOGSE*. Editorial: Algaída. Madrid.

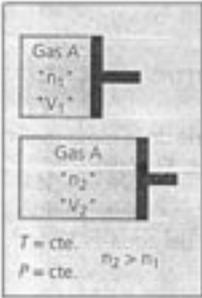


FIGURA 10.9. Para un valor fijo de la presión y la temperatura, existe una proporcionalidad directa entre el número de moles y el volumen ocupado por el gas.

Relación entre el volumen y el número de moles. Ley de Avogadro:

Hemos visto que el volumen de un gas, para una temperatura y una presión determinadas, depende del número de partículas (y no de la clase de éstas); por lo tanto, existe una proporcionalidad directa entre el volumen y el número de moles:

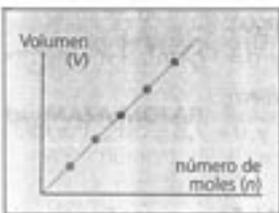


FIGURA 10.10

Ley de Avogadro:

$$V_1/n_1 = V_2/n_2$$

- o $V/n = \text{constante}$,
- o $V = \text{constante} \cdot n$



FIGURA 10.11

La presión del gas (P_{gas}) es igual a:
 $P_{\text{atmosférica}} + P_{\text{mercurio}}$

Relación entre el volumen y la presión. Ley de Boyle-Mariotte:

Robert Boyle, en el año 1662, sometiendo un gas a distintas presiones, pero manteniendo constante la temperatura, llegó a obtener datos como los que se recogen en la tabla 10.1. Al representar p en función de V obtenemos la gráfica de la figura 10.12.

p	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60
V	37,50	30,00	25,00	21,43	18,75

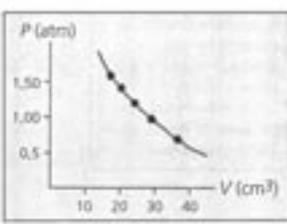


FIGURA 10.12

Si representamos p en función de la inversa del volumen obtenemos la gráfica de la figura 10.13.

p	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60
$1/V$	0,027	0,033	0,040	0,047	0,053

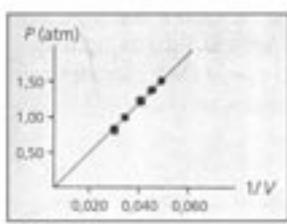


FIGURA 10.13

Lo que nos dice que, para dos valores cualesquiera de p y V :

$$\frac{p_1}{1/V_1} = \frac{p_2}{1/V_2}$$

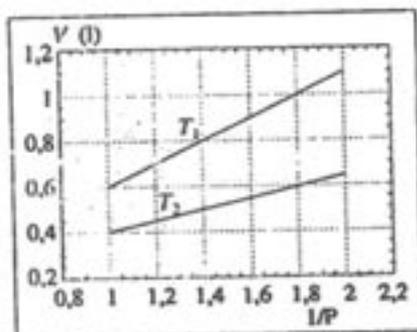
o bien $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$ o, $p \cdot V = \text{constante}$ o, $V = \text{constante}/p$.

ANEXO III

Representación gráfica cartesiana de uso científico problémico

Nótese que, en el enunciado del problema, se dice que se representa la relación entre P y V de dos masas (no entre presión y volumen) y que, en la gráfica, se representa el inverso de la presión en lugar de la presión como tal, con lo cual la nominación de ejes no puede ser la más clara cuando sólo se utilizan letras iniciales. Igualmente puede verse que las unidades referidas al inverso de la presión no se incluyen explícitamente en el gráfico cartesiano (atm^{-1}). Así mismo el enunciado del problema se muestra bastante limitado al no hacer uso de referencias familiares cotidianas o propias del campo de la química ni al referir prácticas científicas asociadas a la construcción de la gráfica. Fuente: Savirón, J.M., Moreno, A., Pastor, J.M. y Benedí, A. (2000). *Física y química 1. Bachillerato LOGSE*. Editorial: McGraw Hill. Madrid.

30 En las gráficas de la Figura 11.28 se han representado valores de p y V de dos masas iguales del mismo gas, a temperaturas distintas, T_1 y T_2 . ¿Cuál es la gráfica correspondiente al gas de mayor temperatura?



ANEXO IV

Representación gráfica cartesiana de uso didáctico instrumental

En esta representación gráfica podemos observar que, en el contexto, se incluyen prácticas científicas asociadas a su construcción, como una tabla de datos o un sencillo montaje experimental, además de referencias cotidianas relacionadas con la gráfica, como el funcionamiento de una jeringuilla, aunque hace falta el título de la gráfica cartesiana, que es un elemento informativo estructural. Fuente: Ballesteros, M. y Bario, J. (1999). *Física y química. Ciencias de la naturaleza y de la salud / Tecnología*. Editorial: Oxford University Press. Navarra.

EXPERIMENTA

■ Imagina que podemos medir las presiones ejercidas por el aire sobre el émbolo de la jeringuilla de la figura 2.13.a, así como los distintos volúmenes de aire contenidos en su interior. El resultado de las mediciones, realizadas a una determinada temperatura, es registrado en la siguiente tabla:

Presión (atm)	Volumen (L)
1	0,060
2	0,030
3	0,020
4	0,015

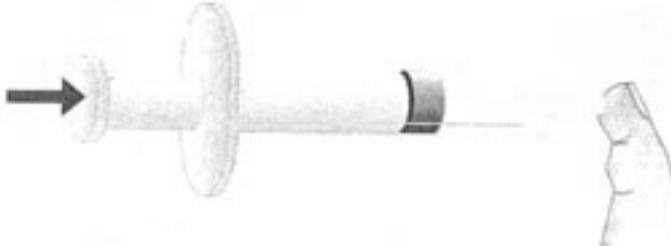


FIGURA 2.13.a. A temperatura constante, si la presión del gas aumenta el doble, el volumen se reduce a la mitad.

Al representar gráficamente la presión frente al volumen, tenemos:

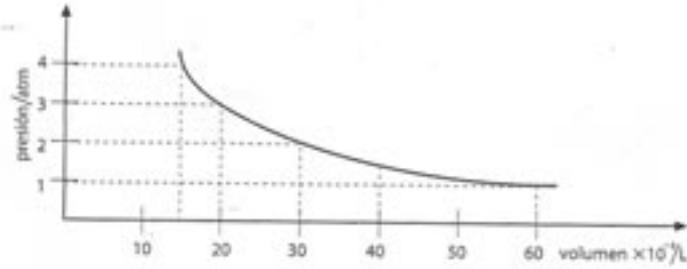


FIGURA 2.13.b.

Como puede verse, se trata de una hipérbola, y en todos sus puntos se cumple la ley de Boyle:

$$1 \text{ atm} \cdot 0,060 \text{ L} = 2 \text{ atm} \cdot 0,030 \text{ L} = 3 \text{ atm} \cdot 0,020 \text{ L} = 4 \text{ atm} \cdot 0,015 \text{ L} = 0,060 \text{ atm L}$$

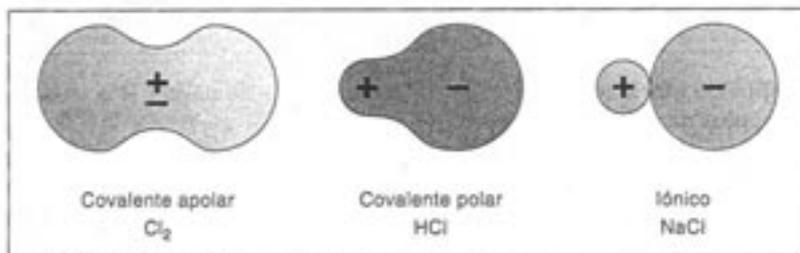
a) ¿Qué volumen de aire le corresponde a una presión aplicada de 2,3 atm?
 b) ¿Qué presión ejerce el gas cuando el volumen es de 35 cm³?

Con este experimento se comprueba la ley de Boyle, esto es, se ve que al aumentar la presión, disminuye proporcionalmente el volumen.

ANEXO V

Representación gráfica cartesiana referida al carácter iónico que presenta el enlace en los compuestos químicos

En esta representación se incluyen datos en los ejes diferentes a los correspondientes a las divisiones de la escala. En esta representación se puede observar que, además de los datos en los ejes, se incluyen otros elementos informativos al interior del gráfico, como fórmulas químicas, escalas, nombres de los ejes y título. Igualmente se puede observar en esta gráfica que no se hace referencia explícita a la gráfica en el texto que la acompaña, ni se incluyen referencias familiares relacionadas con el campo de la química o la vida cotidiana, aunque sí incluye una tabla de datos que podría ser calificada de práctica científica asociada a la construcción del gráfico. Fuente: Andrés, D.M., Antón, J.L., Barrio de la Cruz, M.C. y González, F. (1997). *Química 2B. Bachillerato. Ciencias de la naturaleza y de la salud*. Editorial: Editex. Madrid.



Transición desde un enlace covalente apolar (no polar) al iónico puro, pasando por el covalente polar.

cuando tiene lugar un desplazamiento parcial se puede considerar al enlace como de carácter parcialmente iónico.

Para conocer el grado del carácter iónico que presenta un compuesto covalente, Linus Pauling ideó un método empírico basado

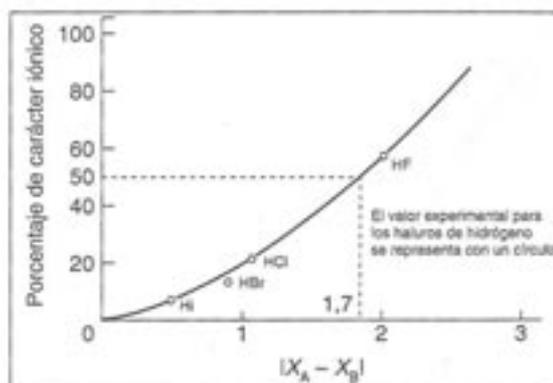
en la medida de la diferencia de electronegatividades de los átomos que forman el enlace en cuestión.

Según Pauling, cuando la diferencia de electronegatividades es de 1,7, el enlace tiene aproximadamente el 50% de carácter iónico. Si la diferencia es mayor el compuesto es fundamentalmente iónico, y si es menor es básicamente covalente.

H						
2,1						
Li	Be	B	C	N	O	F
1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	3,0
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br
0,8	1,0	1,6	1,8	2,0	2,4	2,8
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I
0,8	1,0	1,7	1,8	1,9	2,1	2,5
Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	At
0,7	0,9	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2

Tabla de electronegatividades de Pauling.

Por tanto, consultando la tabla de electronegatividades de Pauling se tiene un método orientativo para predecir la naturaleza esencialmente iónica o covalente del compuesto a formar entre dos elementos de la tabla periódica de los elementos.



% de carácter iónico del enlace A-B en función del valor absoluto de la diferencia de electronegatividades $|X_A - X_B|$.

Otra forma de calcular el porcentaje de carácter iónico de un compuesto es dividiendo el valor del momento dipolar observado y el correspondiente a la situación considerando al compuesto como iónicamente puro.

ANEXO VI

Representaciones gráficas cartesianas de la valoración de ácidos, fuerte y débil con diferentes bases

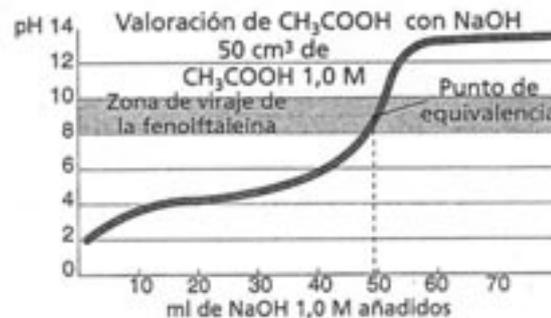
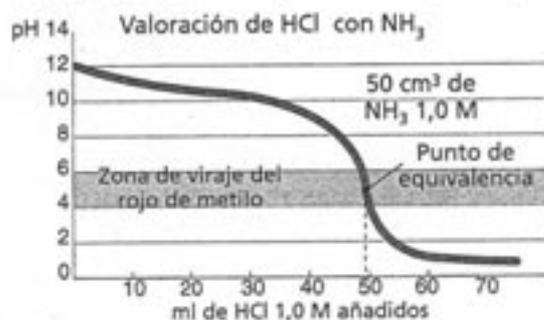
Estas representaciones incluyen datos numéricos al interior del espacio gráfico referidos al volumen de un compuesto químico y términos referidos a distintos conceptos, además de los elementos estructurales. Igualmente se puede observar que, en el contexto que acompaña a las gráficas, no se incluyen prácticas científicas asociadas a su construcción, referencias explícitas a los gráficos, referencias familiares propias de la química (diferentes a las utilizadas en la gráfica) o de la vida cotidiana. Fuente: Berrio, J.I. y Montejo, C. (1997). *Química. Bachillerato 2. Ciencias de la naturaleza y de la salud / Tecnología*. Editorial: SM. Madrid.

pH y punto de equivalencia

Naturalmente, el cambio de color del indicador casi nunca se produce exactamente en el punto de equivalencia. Sin embargo, la adición de la última gota, que hace que se alcance (y probablemente que se sobrepase) el punto de equivalencia, produce un cambio tan brusco del pH que éste «atraviesa» la zona de viraje del indicador.

Las valoraciones ácido-base se basan en el cambio brusco de pH que tiene lugar cerca del punto de equivalencia.

El pH en el punto de equivalencia no es forzosamente 7. Por ejemplo, si se valora HCl con NH_3 , en el punto de equivalencia, se obtiene una disolución de NH_4Cl , de $\text{pH} < 7$, por tratarse de una sal de ácido fuerte y base débil. Por el contrario, al valorar ácido acético con NaOH, en el punto de equivalencia se obtiene una disolución de CH_3COONa , que es una sal de ácido débil y base fuerte, con $\text{pH} > 7$.



Un indicador será adecuado para una valoración particular si vira de color en las inmediaciones del punto de equivalencia. Si el indicador cambia de color mucho antes de dicho punto, no se habrá añadido suficiente cantidad de reactivo para completar la reacción. Por el contrario, si cambia demasiado tarde, esto es, mucho después del punto de equivalencia, se habrá añadido demasiado reactivo.