

¿Afectan los usos didáctico y científico de las gráficas cartesianas a su comprensión? Un estudio con alumnos de bachillerato y universidad

José Joaquín García García

Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia (Colombia)

Francisco Javier Perales Palacios

Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Granada

Resumen:

Este artículo presenta un estudio sobre la influencia del uso didáctico y científico de las representaciones gráficas cartesianas en la ejecución que hacen los estudiantes de las tareas propias de tres niveles de comprensión gráfica. Los resultados muestran que el uso didáctico instrumental influye negativamente en la ejecución de las tareas de los niveles de comprensión explícita y conceptual de los estudiantes con formación en ciencias y en el nivel de comprensión implícita de los estudiantes sin esta formación. También, muestran que el uso científico experimental influye positivamente en el nivel de comprensión implícita de los estudiantes con formación científica.

Palabras clave: Didáctica de las Ciencias, representaciones, gráficas cartesianas, comprensión gráfica.

Abstract:

This article presents a study on the influence of the didactic and scientific use of the cartesian graphical representations in the student's execution of the own tasks of three levels of graphical understanding. The results show that the instrumental didactic use influences negatively in the execution of the tasks of the levels of explicit and conceptual understanding of the students with formation in sciences and the level of implicit understanding of the students without this formation. Also, they show that the experimental scientific use influences positively in the level of implicit understanding of the students with specific scientific formation.

Key Words: Science's Didactic, representations, cartesian graphical, graphical understanding.

(Fecha de recepción: febrero, 2005, y de aceptación: octubre, 2005)

Introducción

Las representaciones usadas como recursos simbólicos en las aulas y que entran en interacción con el estudiante pueden, a través de sus características intrínsecas (estructura e interrelaciones) facilitar o inhibir su aprendizaje. Por ello, estas representaciones constituyen objetos de interés para la investigación didáctica. En las ciencias en particular, se utilizan un gran número de representaciones que están expresadas en registros diferentes, como los enunciados, las expresiones algebraicas, las ecuaciones químicas, los diagramas, las gráficas cartesianas, etc. En este trabajo nos interesan las representaciones gráficas cartesianas.

Este interés está motivado por varias razones. En primer lugar, por el hecho de que la construcción, interpretación y crítica de las representaciones gráficas es una actividad central y una práctica social clave de la ciencia profesional (Latour y Wolgar, 1986; Lynch, 1985). En segundo lugar, porque muchos autores consideran a la construcción e interpretación de las representaciones gráficas cartesianas temas esenciales en la mayoría de las áreas que conforman el conocimiento académico, tales como matemáticas, ciencias experimentales y ciencias sociales, tanto en la formación básica como en la universitaria (De Guzmán, 1984; Padilla, McKenzie y Shawn, 1986; Shank, 1994). En tercer lugar, porque las representaciones gráficas cartesianas son importantes para el aprendizaje de las ciencias (Papert,

1993), ya que proveen un formato visible a procesos que no son evidentes a simple vista (Kozma, 2003) facilitando la comprensión de conceptos científicos abstractos y de difícil visualización. Además, este tipo de gráficas sirven de representación puente entre el mundo concreto de los fenómenos y el mundo formal de las expresiones matemáticas. Es importante subrayar que, a pesar de éstas y otras razones, en la enseñanza de las ciencias el trabajo con gráficas no ha sido tenido muy en cuenta (Padilla, McKenzie y Shawn, 1986).

Tal vez por el olvido de este tipo de representaciones gráficas en el aula de ciencias, muchos investigadores han encontrado que los estudiantes Bachillerato, de Universidad y los graduados en ciencias presentan dificultades para comprenderlas (Leinhardt, Zalavsky y Stein, 1990; Schnotz, 1993; Roth y Bowen, 1999; Bowen y Roth, 1998). Con el fin de explicar estas dificultades se han propuesto varias hipótesis. Bowen, Roth y McGinn (1999) afirman que cuando los estudiantes interpretan representaciones gráficas cartesianas lo hacen usando pocos recursos conceptuales y matemáticos. Duval (1988) argumenta que la interpretación de las gráficas cartesianas es difícil porque requiere de la conversión de éstas en otro tipo de representaciones, y que, dicha conversión es un proceso bastante complejo. Otros investigadores coinciden en afirmar que una de las causas por las cuales los estudiantes tienen dificultades para comprender las gráficas cartesianas es la ausencia de prácticas en las que

ellos puedan construirlas e interpretarlas (Blubaugh y Emmons, 1999; Ainley, Nadi y Pratt, 2000; Roth y Bowen, 1999). Por otra parte, algunos investigadores afirman que los fallos que presentan los estudiantes al construir e interpretar gráficas son debidos a su carencia de estructuras lógicas de pensamiento y específicamente de operaciones formales (Roth y MacGinn, 1997; McKenzie y Padilla, 1986; Wavering, 1985; Adams, 1988).

Finalmente, algunos autores han demostrado que los docentes presentan serias limitaciones en su conocimiento sobre las gráficas cartesianas, lo que podría afectar su interpretación por parte de los estudiantes (Even, 1980; Shulman, 1986; Grossman, 1987; Grossman y Gudmundsdottir, 1987).

Sobre el proceso de interpretación de las representaciones gráficas cartesianas, Postigo y Pozo (2000) proponen que éste se lleva a cabo en diferentes niveles de procesamiento de la información. El primer nivel es el de la información explícita, este nivel comprende la identificación de los elementos de la gráfica (título y variables con sus nombres y valores). El segundo es el de la información implícita, y en él, se determinan e identifican cuales son las relaciones entre las variables usando el razonamiento proporcional, y además, se reconocen las convenciones, los símbolos, leyendas y los conceptos que se incluyen en la gráfica o están en su contexto. El tercer nivel es el de la información conceptual, en él se elaboran conclusiones, explicaciones y predicciones a partir del

análisis global de la información proporcionada por la gráfica.

Este trabajo tiene como objetivo identificar si el uso didáctico y el uso científico que presentan las representaciones gráficas cartesianas usadas en ciencias experimentales, y en particular, en el campo de la Química e incluidas en los libros de texto; influyen en la ejecución global que hacen los estudiantes de las tareas propias de los tres niveles procesamiento de la información gráfica (Postigo y Pozo, 2000) entendidos como niveles de comprensión de la gráfica.

Metodología

Se estudiaron dos grupos de variables, las referidas a los usos de las gráficas cartesianas y, las referidas a la comprensión que tienen los estudiantes de las mismas.

Variables referidas a los usos de las representaciones gráficas cartesianas.

Este grupo de variables presenta dos variables: uso didáctico y uso científico.

- Uso didáctico de las gráficas cartesianas: esta variable corresponde al uso expresivo que el autor da a las gráficas. Para el estudio de esta variable se tuvieron en cuenta tres categorías de gráficas:

- Gráficas cartesianas expositivas: usadas para exponer hechos dentro del texto.

- Gráficas cartesianas problemáticas: utilizadas como herramientas para

plantear o resolver, preguntas o problemas incluidos en los textos.

–Gráficas cartesianas instrumentales: usadas como parte de los procedimientos realizados en una propuesta de trabajo de laboratorio incluida en el texto.

- Uso científico de las representaciones gráficas cartesianas: esta variable está basada en el uso que generalmente se les da en las ciencias a las gráficas cartesianas. Para el análisis de esta variable se tienen en cuenta dos categorías:

–Gráficas cartesianas modelo o teóricas: se usan como modelo teórico establecido sobre el comportamiento de los fenómenos con el fin de predecirlos o explicarlos. A este tipo de gráficas corresponden las gráficas normalizadas y abstractas sin referentes cualitativos o contextuales. Este tipo de gráficas también es llamado deductivo.

–Gráficas cartesianas experimentales: se usan para representar el comportamiento de un grupo de datos actuales que son producidos a través de un trabajo de laboratorio. Por lo general este tipo de gráficas no está normalizado y es más concreto, pues presenta referentes cualitativos específicos. Este tipo de gráficas también es llamado inductivo.

En este estudio, y ante la dificultad de encontrar gráficas auténticamente experimentales en los libros de texto (Jiménez y Perales2002), se entiende por gráfico experimental a aquél que está acompañado de un grupo de datos, sin tener en cuenta la condición exigida

de que la línea gráfica no se encuentre ajustada.

VARIABLES RELACIONADAS CON LA COMPRENSIÓN DE LAS REPRESENTACIONES GRÁFICAS:

Estas variables se hacen operativas utilizando los tres niveles de procesamiento de la información planteados por Postigo y Pozo (2000) entendiéndolos como niveles de comprensión. Así, se tuvieron en cuenta tres variables que se corresponden con los niveles de comprensión: explícito, implícito y conceptual.

Cada uno de estos niveles se evaluó teniendo en cuenta el grado de ejecución global que presentaba el estudiante al ejecutar tres tareas indicadoras propias de cada nivel. El grado de ejecución global de cada nivel de comprensión gráfica es igual a la suma de los puntajes alcanzados en la ejecución de las tres tareas propias del nivel. La puntuación a cada respuesta se asigna de la siguiente forma: 3 puntos por respuestas correctas, 2 puntos para las respuestas incorrectas y 1 cuando no se ofrece respuesta.

- Nivel de comprensión de la información explícita: esta variable presenta las siguientes tareas indicadoras:

Identificación de variables (Iv): requiere de establecer cuales son las variables y clasificarlas como dependiente o independiente. Su ejecución es correcta cuando se identifican y clasifican adecuadamente las variables e incorrecta cuando se identifican las variables pero no se les clasifica adecuadamente.

Lectura de datos (Ed): consiste en leer los valores de las variables relacionadas en la gráfica y se puede llevar a cabo al extrapolar el valor que pueden tomar las variables en puntos que no están explícitos en la línea gráfica.

Asignación de título (At): implica determinar cuál puede ser el título de la gráfica. Su ejecución es correcta si el título propuesto incluye las variables relacionadas, el sistema o fenómeno al cual hacen referencia y/o el contexto en el cual se relacionan, y es incorrecta cuando éste incluye sólo uno de estos aspectos.

- Nivel de comprensión de la información implícita: esta variable presenta las siguientes tareas indicadoras:

Identificación de la relación (Ir): radica en expresar el tipo de relación existente entre las variables y se puede llevar a cabo cuando se determina cuál es la expresión algebraica más adecuada para describir la relación expuesta por la gráfica cartesiana.

Clasificación de la relación (Cr): reside en identificar patrones y tendencias en la gráfica y se puede llevar a cabo al determinar el tipo de proporcionalidad que se presenta entre las variables relacionadas.

Reconocimiento de términos (Rt): demanda el manejo, decodificación y / o definición de las convenciones, términos, leyendas o símbolos que acompañan a la gráfica.

- Nivel de comprensión de la información conceptual: esta variable presenta las siguientes tareas indicadoras:

Elaboración de síntesis conceptuales (Sc): requiere de establecer relaciones conceptuales a partir del análisis global de la gráfica, es decir, de construir conclusiones. Su ejecución es correcta cuando las conclusiones elaboradas son pertinentes y con un buen nivel de generalización.

Elaboración de explicaciones (Ee): consiste en explicar fenómenos a partir de la información aportada por la gráfica. Su ejecución es correcta cuando las explicaciones elaboradas relacionan claramente el fenómeno a explicar y los patrones de comportamiento de las variables expuestos en la gráfica.

Elaboración de predicciones (Ep): implica la predicción del comportamiento de las variables en fenómenos relacionados con lo expuesto por la gráfica. Su ejecución es correcta cuando la predicción realizada está soportada por algún procedimiento operativo de tipo matemático o por una justificación adecuada.

Hipótesis: la hipótesis que se propuso contrastar en este trabajo fue la siguiente:

“El uso didáctico y científico de las representaciones gráficas cartesianas usadas en ciencias experimentales y concretamente en la Química e incluidas en los libros de texto, son factores influyentes en la ejecución global que presentan los estudiantes de las tareas propias de cada uno de los tres niveles de comprensión gráfica”.

- Instrumentos para la recogida de la información.

Para llevar a cabo el estudio se diseñaron cinco pruebas en las que se proponía para su análisis una representación gráfica extractada de un libro de texto de Física y Química usado en el Bachillerato. El origen de la representaciones propuestas en las pruebas obedece a la intención del autor de utilizar como material de investigación representaciones gráficas susceptibles de ser utilizadas en el aula de clase, más que representaciones gráficas diseñadas artificialmente para la investigación. Tres de las pruebas eran utilizadas para indagar sobre la influencia del uso didáctico de la gráfica sobre la ejecución de las tareas por parte de los estudiantes. Asimismo, otras dos

pruebas se ocupaban de indagar en la influencia del uso científico de la gráfica cartesiana sobre la ejecución de las mismas tareas. La elección de los temas referidos por las gráficas propuestas en las pruebas, obedece a que estos son los que con mayor frecuencia son tratados en los textos usando gráficas cartesianas (véase la tabla 1).

Cada prueba proponía a los estudiantes una representación gráfica para su análisis y presentaba 9 cuestiones distribuidas en tres grupos referidos cada uno de ellos, a un nivel de comprensión de las representaciones gráficas (véase la tabla 2). Para observar un ejemplo de las pruebas diseñadas véase el anexo 1.

Tabla 1. Grupo de pruebas aplicadas sobre la comprensión de las representaciones gráficas cartesianas

GRUPO DE PRUEBAS	PRUEBA	CARACTERÍSTICA	TEMA
De acuerdo al uso didáctico de la gráfica	1	Uso didáctico expositivo	Ley de Boyle - Mariotte
	2	Uso didáctico problémico	
	3	Uso didáctico instrumental	
De acuerdo al uso científico de la gráfica	4	Uso científico teórico	Ley de Charles
	5	Uso científico experimental	

Tabla 2. Tareas referidas en las cuestiones incluidas en las pruebas sobre la comprensión de gráficas

Cuestiones 1 – 3 sobre el nivel de comprensión explícito	Cuestiones 4 - 6 sobre el nivel de comprensión implícito	Cuestiones 7 - 9 sobre el nivel de comprensión conceptual
1- Identific. de variables (Iv) 2- Lectura de datos (Ed) 3- Asignación de título (At)	4- Identific. de la relación (Ir) 5- Clasif. de la relación (Cr) 6- Recon. de términos (Rt)	7- Elab. síntesis concept. (Sc) 8- Elab. de explicaciones (Ee) 9- Elab. de predicciones (Ep)

ANEXO 1. PRUEBA SOBRE LA COMPRENSIÓN DE LAS GRÁFICAS CARTESIANAS DE USO DIDÁCTICO EXPOSITIVO

Nombre y apellidos:

Edad:

Curso:

Nivel educativo:

Esta prueba persigue conocer los niveles de comprensión que pueden ser alcanzados por los estudiantes sobre las representaciones gráficas cartesianas utilizadas en los libros de texto de Física y Química y de Química del Bachillerato. Agradecemos tu colaboración. Los resultados obtenidos a partir de esta prueba son confidenciales y solo serán utilizados con fines de investigación. Después de analizar la información presentada en las gráficas incluidas en el anexo, responde a las siguientes preguntas:

(Justifica tus respuestas y no pases a la siguiente pregunta sin haber respondido la anterior. Recuerda siempre que creas no tener repuesta a la pregunta puedes contestar no se).

(1) Enumera las variables cuyo comportamiento se describe en las gráficas 10.12 y 10.13 e identifica cuál es la variable dependiente y cuál es la variable independiente en cada una de ellas.

(2) En la gráfica superior 10.12 a una presión de 2 atmósferas ¿qué valor del volumen crees que le correspondería? De la misma forma, en la gráfica 10.13 a una presión de 2 atmósferas ¿qué valor del inverso del volumen crees que le correspondería?

(3) Escribe el título que creas le corresponde a la gráfica 10.12:

(4) ¿De las siguientes expresiones algebraicas cuál crees que es la más adecuada para describir las relaciones expuestas en las gráficas 10.12 y 10.13 respectivamente?

- a. $P \cdot V = K$, $P = K/V$ b. $P = K \cdot V$, $P \cdot V = K$ c. $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$, $V = K \cdot P$ d. No se.

(5). ¿Si pudieses clasificar la relación descrita en la gráfica 10.12 cómo la clasificarías?

- a. Directamente proporcional entre la presión y el volumen de un gas a temperatura constante.
 b. Inversamente proporcional entre la presión y el volumen de un gas a temperatura constante.
 c. Ninguna de las anteriores.
 d. No se.

(6). Las unidades de medición utilizadas en las gráficas 10.12 y 10.13 son respectivamente las siguientes:

- a. mm de Hg - cm^3 , mm de Hg - $1/\text{cm}^3$ b. Atmósferas - cm^3 · Atmósferas - $1/\text{cm}^3$
 c. Atmósferas - cm^3 , Atmósferas - cm^3 d. No se.

(7). A partir de la información proporcionada por las gráficas 10.12 y 10.13 y de las relaciones que en ellas se exponen, elabora una conclusión que sea de carácter general sobre el comportamiento de los gases. Es decir, formula un enunciado que represente una ley sobre su comportamiento.

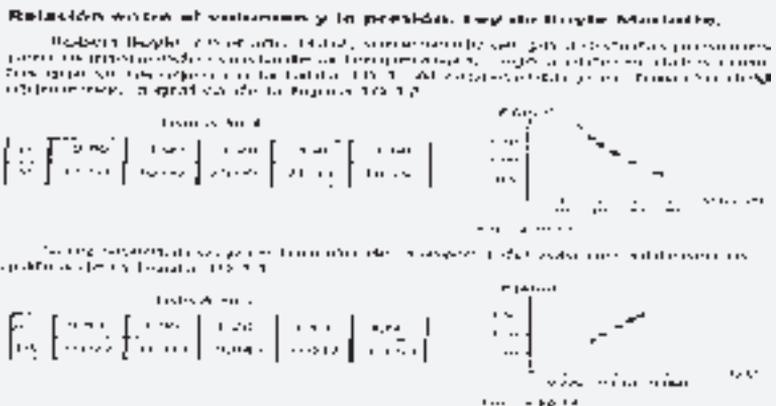
(8). Basándose en la información proporcionada por las gráficas 10.12 y 10.13, elabora una explicación para el siguiente fenómeno:

“Los astronautas antes de salir de sus naves al espacio sideral deben pasar por una cámara de despresurización e ir vestidos con traje de escafandra presurizada”.

(9). Basándose en la información proporcionada por las gráficas 10.12 y 10.13, resuelve el siguiente problema:

Si un determinado gas ocupa 250 cm^3 a una presión de 0,5 atmósferas ¿qué volumen ocuparía el gas cuando la presión a la que está sometido se haga igual a 2 atmósferas si la temperatura se mantiene constante?

GRAFICA A ANALIZAR



Fuente:
 De Manuel E.; Balibrea S.;
 Jiménez M. y Martínez M.L.
 (1996). Física y química de 1
 Bachillerato LOGSE. Editorial
 Algaída. Madrid. P 148.

Para la tipificación de las pruebas se cuidó que en su diseño las demás variables estuviesen controladas, realizando algunas modificaciones en los gráficos elegidos originalmente. Así mismo, las pruebas fueron revisadas por dos especialistas en didáctica de las ciencias. Además, se realizó un estudio piloto en el que las pruebas se aplicaron a 52 estudiantes de segundo curso pertenecientes a la Diplomatura de Maestro en Educación Primaria de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Granada. A partir de los resultados de este estudio piloto se modificaron las cuestiones que presentaban poca correlación con el resultado global de la prueba.

- Muestra

Las pruebas rediseñadas se aplicaron a dos grupos de estudiantes. El primero estaba compuesto por 68 estudiantes de segundo curso de la Licenciatura en Química de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada en España. El segundo grupo estaba constituido por 170 estudiantes de grado 11 (segundo de Bachillerato) del colegio Champagnat de la ciudad Bogotá (Colombia) regido por la comunidad de los Hermanos Maristas.

Para comparar el comportamiento de los grupos experimentales con respecto a las variables propuestas se realizaron varias pruebas ANOVA y t de Student. Cuando el valor de F en la prueba ANOVA indicó rechazo de la hipótesis nula, para establecer hipótesis alternativas adecuadas se realizó una prueba de contrastes múltiples, en esta investi-

gación se usó el Método de Tukey para todas las comparaciones a pares. Este trabajo, debido a la naturaleza cautiva que poseen los grupos investigados, no pretende generalizar sus resultados. Para presentar y analizar la información se usaron los programas EXCEL 9.0 de Office para Windows XP, y SPSS, 10.0.

Análisis y discusión de resultados

- Sobre la influencia del uso didáctico de las gráficas en la comprensión de los estudiantes:

En el grupo de estudiantes de Licenciatura en Química la comparación simple de medias muestra que este grupo obtiene mayores niveles de comprensión explícita y conceptual cuando el uso didáctico de la gráfica es expositivo. Igualmente, muestra que ocurre lo mismo con el nivel de comprensión implícita cuando la gráfica tiene un uso didáctico problemático (véase la tabla 3).

La prueba ANOVA muestra que las diferencias entre los valores de la media sólo son significativas para los niveles de comprensión explícita y conceptual ($F = 4.5$, $p = 0.029$ y $F = 5.0$, $p = 0,022$ respectivamente). La prueba “post hoc HSD de Tukey” confirma que la diferencia de medias es significativa entre los grupos expositivo e instrumental para los niveles de comprensión explícita y conceptual (2.00, $p = 0.023$ y 2.67, $p = 0,018$ respectivamente). Es decir el uso didáctico instrumental afecta negativamente los niveles de comprensión explí-

Tabla 3. Cuadro de medias del grupo de Licenciatura en Química: uso didáctico vs niveles de comprensión.

NIVEL DE COMPRENSIÓN	EXPLÍCITO	IMPLÍCITO	CONCEPTUAL
USO DIDÁCTICO			
Expositivo	8,33	8,50	7,00
Problemático	7,33	8,83	5,33
Instrumental	6,33	8,17	4,33

cita y conceptual de los estudiantes de Química y, el uso didáctico expositivo lo hace de forma positiva.

En el grupo de estudiantes de Bachillerato la comparación simple de medias muestra que este grupo obtiene mayores niveles de comprensión explícita e implícita cuando el uso didáctico de la gráfica es expositivo. Igualmente, muestra que presentan un mayor nivel de comprensión conceptual cuando el uso didáctico de la gráfica es instrumental (véase la tabla 4).

La prueba ANOVA muestra que la diferencia de medias sólo es significativa cuando se refiere al nivel de comprensión implícita ($F = 17.123$, $p = 0.000$). La prueba “post hoc HSD de tukey” confirma que la diferencia de medias observada entre el grupo de uso

didáctico instrumental y los grupos de usos didácticos expositivo y problemático es significativa (0.8180 y 1.045, $p = 0.000$ en ambos casos) en el nivel de comprensión implícita. Además muestra que esta diferencia es mayor entre el grupo de uso didáctico instrumental y el grupo de uso didáctico expositivo. Es decir, el nivel de comprensión implícita del grupo de Bachillerato es influido negativamente por el uso didáctico instrumental del gráfico y positivamente por los usos didácticos expositivo y problemático.

La influencia negativa del uso didáctico instrumental en la comprensión explícita del grupo de estudiantes de Química, puede deberse a varios factores inherentes a las características de este tipo de gráficas. En primer lugar, el

Tabla 4. Cuadro de medias del grupo de estudiantes de Bachillerato: uso didáctico vs niveles de comprensión.

NIVEL DE COMPRENSIÓN	EXPLÍCITO	IMPLÍCITO	CONCEPTUAL
USO DIDÁCTICO			
Expositivo	7,45	7,85	6,32
Problemático	7,31	7,62	6,25
Instrumental	6,75	6,80	6,61

modo no explícito de presentar las variables, la forma curva y no recta de la línea gráfica y la naturaleza no ajustada de la misma; podrían dificultar la ejecución de las tareas de identificación de variables y de lectura de datos (en este caso la extrapolación de datos). En segundo lugar, el uso didáctico instrumental de la gráfica puede generar un efecto de fijación del contexto que dificultaría al estudiante imaginar otros puntos en la gráfica, diferentes a los obtenidos en el experimento. Esto obstaculizaría la extrapolación de datos. En tercer lugar, la mayor y más distribuida cantidad de información (montajes, contexto, tabla de datos) presentada por este tipo de gráficas puede dificultar la abstracción necesaria para ejecutar la tarea de asignarle un título.

Así mismo esta influencia negativa puede ser ocasionada por factores relacionados con las prácticas y los recursos didácticos usados en las aulas de ciencias. En primer lugar, podría deberse a que las tareas propias del nivel de comprensión explícita, como clasificar las variables, realizar ejercicios de extrapolación de datos o proponer un título para la gráfica, puedan ser consideradas de poca importancia cuando se usan representaciones gráficas en un proceso experimental. En segundo lugar, la poca participación de los estudiantes en actividades de interpretación de gráficas de tipo instrumental y la baja frecuencia en que éstas se presenta en los libros de texto, también podrían dificultar a la ejecución de las tareas del nivel de com-

prensión explícita cuando se analizan este tipo de gráficas.

La influencia negativa del uso didáctico instrumental del gráfico en la comprensión conceptual de los estudiantes de Química tal vez puede ser explicada por las características propias de este tipo de gráficas. Así, la naturaleza no ajustada y la forma curva de las líneas propias de este tipo de gráficas dificultarían su conversión en otras representaciones como los enunciados o las ecuaciones, al oscurecer los elementos significativos a coordinar en los dos tipos de representaciones y al aumentar su número. Ello a su vez haría difícil la construcción de explicaciones y predicciones que requieren de síntesis conceptuales y expresiones algebraicas previas. Por último, el uso instrumental del gráfico como ya se anotó, podría ocasionar un efecto de fijación del aprendizaje al contexto, dificultando la transferencia del mismo con el fin de construir y formular explicaciones y predicciones sobre otras situaciones y fenómenos.

La influencia positiva del uso didáctico expositivo de la gráfica en la comprensión explícita de los estudiantes de Química, puede deberse a varias razones. En primer lugar, el texto que acompaña este tipo de gráficas clasifica explícitamente las variables (se escribe P en función de V), y ello facilita su identificación. En segundo lugar, la forma recta y la naturaleza ajustada de la línea incluida en una de las gráficas, pueden facilitar la lectura de los datos (extrapolación). Igualmente, el título que acompaña al texto en el cual se inserta este

tipo de gráficas facilitaría la tarea de asignarle un título.

La influencia positiva del uso didáctico expositivo de la gráfica en la comprensión conceptual que presentan los estudiantes de Química puede deberse a las características de este tipo de gráficas. Así, la naturaleza ajustada y la forma recta de la línea gráfica pueden facilitar la conversión de la representación gráfica en otras representaciones como enunciados (conclusiones) o expresiones algebraicas, ya que implican un menor número de elementos significativos a coordinar con otro tipo de representación en el proceso de conversión. Esto a su vez facilitaría la elaboración de explicaciones y predicciones que utilizan síntesis conceptuales y ecuaciones. Por último, es posible que los estudiantes estén más familiarizados con las representaciones cartesianas expositivas por ser las que se usan con mayor frecuencia en los libros de texto y esto les facilitaría su comprensión.

La influencia negativa que presenta el uso didáctico instrumental en el nivel de comprensión implícita para el grupo de Bachillerato pueden deberse a varios factores relacionados con las características de este tipo de gráficas. En primer lugar, la forma curva y no ajustada de la línea gráfica podrían dificultar la conversión de la gráfica en una ecuación a través de la cual se identificara la relación entre las variables, debido a la mayor complejidad de las líneas gráficas curvas. Así mismo la incongruencia de esos dos tipos de representaciones dificultaría la conversión entre ellas (Duval 1998). Por

otra parte, esta conversión se dificultaría por una ausencia de claridad en los estudiantes sobre el significado de los términos, lo que haría muy difícil poner en correspondencia las dos representaciones incongruentes y coordinarlas con el fin de realizar la conversión requerida. Esta ausencia de claridad puede deberse a que, tal vez, los estudiantes asocian equivocadamente el término proporcional a las líneas rectas y, el de pendiente de una línea gráfica a la pendiente de la recta. Esta falta de claridad también les dificultaría la clasificación de la relación expuesta como inversamente proporcional. En tercer lugar, la necesidad de una operación de conversión para reconocer los términos incluidos en la gráfica (unidades) que requiere del dominio de la notación exponencial y la escala del volumen en el Sistema Internacional de Unidades, podría aumentar la dificultad para ejecutar la tarea de reconocimiento de términos.

La influencia positiva del uso didáctico problemático de las gráficas en el nivel de comprensión explícita de los estudiantes de Bachillerato puede deberse a características intrínsecas a este tipo de gráficas. Es decir, que características como la forma recta de la línea y la naturaleza directamente proporcional de la relación presentada (ambas familiares para los estudiantes), además de la presentación sintética de la información referida a las variables y a su relación, facilitarían la ejecución de dichas tareas a este grupo de estudiantes. Esto ocurre tal vez porque dichas características les facilitan encontrar la información

en ellas, y por ende, la identificación de las variables y la lectura de la gráfica. Además, dichas características, podrían hacerlas más congruentes con otros tipos de representaciones facilitando las tareas de identificación y clasificación de las relaciones que requieren de su conversión.

La influencia positiva del uso didáctico expositivo en la comprensión implícita de los estudiantes de Bachillerato puede deberse también a características propias a este tipo de gráficas. Estas características son: la referencia explícita a las variables como al tipo de relación entre ellas (“en función de”) y la utilización de dos gráficas complementarias en lugar de una única gráfica. Posiblemente, esto ocurre porque dichas características hacen más accesible a los estudiantes de Bachillerato la información necesaria para llevar a cabo estas tareas, ofreciéndoles la posibilidad de hacer explícita la relación que se presenta entre las variables y, dándoles un mayor número de elementos informativos susceptibles de ser relacionados con los términos utilizados en la gráfica para construir el significado de estos últimos.

- Sobre la influencia del uso científico de las gráficas en la comprensión de los estudiantes.

En el grupo de estudiantes de Licenciatura en Química la comparación simple entre los valores de la media muestra que los estudiantes presentan un mayor nivel de comprensión explícito y conceptual cuando el uso científico de la gráfica es teórico.

Así mismo, muestran que este grupo tiene un mayor nivel de comprensión implícito cuando el uso científico de la gráfica es experimental (véase la tabla 5).

La prueba t de Student muestra cómo la diferencia encontrada entre las medias sólo es significativa cuando se refieren al nivel de comprensión implícita ($t = -6.085$, $p = 0.000$). Además, muestra que esto no ocurre así cuando se trata de los niveles de comprensión explícita o conceptual ($t = 0.400$, $p = 0.694$ y $t = 0.133$, $p = 0.896$). Es decir, sólo nivel de comprensión implícita que presentan los estudiantes de Química sobre la gráfica esta influido por el uso científico de ésta.

En el grupo de Bachillerato la comparación simple entre los valores de la

Tabla 5. Cuadro de medias del grupo de Licenciatura en Química: uso científico vs niveles de comprensión.

NIVEL DE COMPRENSIÓN USO CIENTÍFICO	EXPLÍCITO	IMPLÍCITO	CONCEPTUAL
Teórico	7,67	6,89	6,44
Experimental	7,44	8,89	6,33

Tabla 6. Cuadro de medias Grupo de Bachillerato: uso científico vs niveles de comprensión.

NIVEL DE COMPRENSIÓN	EXPLÍCITO	IMPLÍCITO	CONCEPTUAL
USO CIENTÍFICO			
Teórico	7,28	7,88	7,31
Experimental	7,40	8,09	7,36

media muestra que los estudiantes presentan un mayor nivel de comprensión explícita, implícita y conceptual cuando el uso científico de la gráfica es experimental (véase la tabla 6).

A pesar de las diferencias encontradas la prueba t de Student muestra que éstas no son significativas ($t = -0.725$, $p = 0.470$; $t = -1.628$, $p = 0.105$; 0.138 $p = 0.891$ para los niveles de comprensión explícita implícita y conceptual, respectivamente). Es decir, la comprensión que presentan los estudiantes de la gráfica no está influida en ninguno de sus niveles, por el uso científico de la misma ya sea teórico o experimental.

La influencia positiva del uso científico experimental en el nivel de comprensión implícita de los estudiantes de Química, puede deberse a varios factores. En primer lugar, este grupo podría estar capacitado para usar los datos adjuntos al gráfico y reemplazarlos en las diferentes opciones de expresiones algebraicas que se les proponen para identificar la relación con la expresión algebraica más adecuada. Esto puede ocurrir porque los estudiantes de Licenciatura en razón de su formación habrían participado en un mayor número de prácticas de laboratorio, en las que han usado gráficas

cartesianas para representar el comportamiento de los datos. En segundo lugar, y a consecuencia de este mejor uso de los datos, puede ser más fácil para este grupo la determinación de la clase de relación proporcional que se presenta entre las variables. En tercer lugar, la utilización de tablas de datos les pudo haber permitido poner en relación los valores propuestos en las tablas y las unidades utilizadas en el gráfico, con lo cual se facilita el reconocimiento de estas últimas y la construcción de su significado.

Por último, es importante anotar que, tal vez, la mayor experiencia del grupo de estudiantes de Licenciatura en Química en el manejo de gráficas acompañadas de un grupo de datos, en relación a la experiencia más limitada que pueden poseer los estudiantes de Bachillerato, puede hacer que la presencia de grupos de datos junto a las gráficas a analizar, sea significativa para su nivel de comprensión implícita.

Conclusiones y recomendaciones

El análisis de los resultados obtenidos a permite elaborar las siguientes conclusiones:

—Las características de las gráficas con un uso didáctico instrumental le dificultan a los estudiantes la ejecución de las tareas propias de los diferentes niveles de comprensión gráfica (explícita y conceptual para el grupo de Química e implícita para el de Bachillerato). Entre estas características se cuentan: la manera no explícita de presentar las variables, la forma curva de la línea gráfica, un mayor volumen de información adjunta y un contexto experimental específico. Tal vez, porque estas características hacen a las representaciones gráficas más complejas y menos congruentes con otros tipos de representaciones. Estos factores dificultan a su vez la búsqueda de la información dentro de la gráfica y con ello la ejecución de las tareas de: identificación de variables, lectura de la gráfica, reconocimiento de términos y asignación de un título a la gráfica. Además, dificultan la conversión entre representaciones, que es crucial para ejecutar las tareas propias del nivel conceptual y de otras del nivel implícito, como la identificación y clasificación de la relación expuesta.

El efecto negativo del uso didáctico instrumental del gráfico sobre la ejecución de las tareas propias de los diferentes niveles de comprensión gráfica también podría deberse a varios factores situacionales y a factores referidos a las características de las tareas. En primer lugar, podría deberse a la poca participación de los estudiantes en experiencias en las que se utilicen las representaciones gráficas como herramientas de interpretación en procesos experimentales. En segundo lugar, tam-

bién podría deberse a la baja frecuencia con la que se presentan en los libros de texto las gráficas cartesianas de uso didáctico instrumental. Estos dos factores situacionales han sido referidos ya por un buen número de investigadores (Padilla y McKenzie 1986; Blubaugh y Emmons 1999; Roth y Bowen 1999; Ainley, Nadi y Pratt 2000). En tercer lugar, con referencia a las características de la tarea, el que las tareas propias de los niveles de comprensión implícita y conceptual requieran de la conversión de las gráficas cartesianas en otras representaciones como expresiones algebraicas o enunciados, aumenta la dificultad para interpretarlas. Esto es debido a que, dicha conversión es especialmente difícil por dos razones: porque los estudiantes no comprenden claramente el significado de los elementos que conforman la representación gráfica cartesiana, para coordinarlos con los elementos propios de las ecuaciones algebraicas o de los enunciados, y porque este tipo de operaciones de conversión entre representaciones expresadas en registros semióticos diferentes no es usual en las clases de ciencias (Duval, 1988, 1999).

—Las características propias de las gráficas cuyo uso didáctico es expositivo facilitan la ejecución global que hacen los estudiantes de Licenciatura en Química de las tareas propias del nivel de comprensión conceptual. Estas características son: la utilización de dos gráficas complementarias, el mayor grado de generalización de los gráficos y la ausencia de un contexto específico al que se pueda fijar la gráfica. Posiblemente, dichas características facilitan

los procesos de abstracción y de transferencia de la información necesarios para elaborar conclusiones, explicaciones o predicciones. Así mismo, estas características podrían complementarse con una mayor capacidad de síntesis y posiblemente con un alto nivel de conocimientos previos en el campo de la Química por parte de los estudiantes de la Licenciatura, y ejercer un efecto sinérgico para facilitar la ejecución de las tareas de tipo conceptual.

–Las características propias de las gráficas con usos didácticos problemático y expositivo, como la forma recta de la línea gráfica, la presentación sintética y explícita de la información referida a las variables (“en función de”) y de la relación entre ellas, la naturaleza directamente proporcional de la relación presentada y, la utilización de dos gráficas complementarias, favorecen la ejecución de las tareas propias del nivel de comprensión implícita en el grupo de estudiantes de Bachillerato. Esto ocurre porque dichas características proporcionan información más clara, en mayor cantidad y más familiar para los estudiantes, y por lo tanto, más accesible para ellos, potenciando su capacidad de búsqueda de dicha información. Además estas características hacen a las gráficas cartesianas más congruentes con otros tipos de representaciones, facilitando su conversión. Aquí es importante recordar que Guthrie, Weber y Kimmerley (1993) proponen que la capacidad de búsqueda de la información, junto con la de descubrir tendencias y patrones, son esenciales en la interpretación de las representa-

ciones gráficas. Esta conclusión puede ser matizada por el hecho de que las gráficas de uso didáctico expositivo y problemático son más comunes en los libros de texto usados para el nivel educativo de Bachillerato que las que tienen uso didáctico instrumental; lo que tal vez hace más familiar este tipo de gráficas y permite aprovechar mejor la información que ofrecen

–El uso científico experimental de las representaciones gráficas cartesianas influye negativamente en el nivel de comprensión implícita de los estudiantes de Bachillerato y positivamente en el mismo nivel de comprensión de los estudiantes de Licenciatura de Química. Esto ocurre, tal vez, porque los estudiantes con formación básica y no específica en el campo de las ciencias experimentales (Bachillerato) no son capaces de utilizar de la forma más adecuada los datos adjuntos a una gráfica cartesiana, para ejecutar tareas propias del nivel de comprensión implícita, y los estudiantes que sí tienen este tipo de formación sí lo son. Es decir, los estudiantes de licenciatura en Química pueden utilizar los datos adjuntos a la gráfica para: ponerlos en relación con las unidades usadas facilitando su reconocimiento, y la clasificación e identificación de la relación propuesta. Quizás esto se deba a que la mayor experiencia de este grupo de estudiantes con gráficas experimentales las hace más accesibles aliviando la carga de su memoria de trabajo (Goldman, 2003; Guthrie, Weber y Kimmerley, 1993).

El análisis de los datos así como las conclusiones elaboradas a partir del

mismo permiten recomendar que: en la medida de lo posible deberían diseñarse un número suficiente de trabajos prácticos que puedan partir de grupos de datos preestablecidos u obtenidos a partir de procesos experimentales, que faciliten la construcción de gráficas cartesianas con un dominio experimental de referente, altos volúmenes de información y líneas no ajustadas. Esto tendría el objetivo de familiarizarlos con las gráficas cartesianas parecidas a las construidas en procesos científicos reales y que presentan características que las hacen por lo regular altamente incongruentes con otros tipos de representaciones. Además, este tipo de actividades podría hacer que los estudiantes sin formación específica en ciencias experimentales pudiesen sacar provecho de los grupos de datos que acompañan una gráfica cartesiana, con el fin de mejorar su interpretación.

Agradecimientos

La elaboración de este artículo ha sido posible gracias a la colaboración de la Agencia Española de Cooperación Internacional AECI, el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología “Francisco José de Caldas” COLCIENCIAS y la Universidad de Antioquia.

Bibliografía

Adams, D. (1988). The effects of microcomputer – based laboratories exercises on the acquisition of line graph construction and interpretation skills by high school biology students.

Paper presented at the meeting of the national association for research in science teaching. Lake of Ozarks MO.

- Ainley, J.; Nadi H. y Pratt, D. (2000). The construction of meaning for trend in active graphing. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 5, 85 – 114.
- Blubaugh, W.L y Emmons K. (1999). Algebra for all. Graphing for all students.. *Mathematics Teacher*, 92, (4), 323 – 334.
- Bowen, G.M y Roth, W.M. (1998). Lecturing Graphing : what features of lectures contribute to student difficulties in learning to interpret graphs?. *Research in Science Education*, 28 (1) , 77 – 90
- 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), 1020 – 1043.
- De Guzmán, M. (1984). El papel de la matemática en el proceso educativo inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 2, (3), 91 – 95.
- Duval, R. (1988). Graphiques et équations. *Annales de Didactique et Sciences Cognitives*, 1, 235 – 253.
- Duval, R. (1999). *Semiosis y pensamiento humano. Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Edita: Universidad del Valle y Peter Lang S.A. Cali. Colombia.

- Even, R.(1980). *Prospective secondary mathematics teacher" knowledge and understanding about mathematical functions*. Unpublished doctoral dissertation, Michigan State University, East Lansing
- Goldman, S.R. (2003). Learning in complex domains: when and why do multiple representations help? *Learning and Instruction*, 13, (2), 239 – 244.
- Grossman, P.L. (1987). *A tale of two teachers: The role of subject matter orientation in teaching*. Paper presented an the annual meeting of the American Educational Research Association. Washington D.C.
- Grossman, P.L. y Gudmundsdottir, S. (1987, April). *Teachers and texts: An expert /novice comparison in English*. Paper presented an the annual meting of the American Educational Research Association. Washington D.C.
- Guthrie, J.T. ; Weber, S. y Kimmerley, N. (1993). Searching documents: Cognitive processes and deficits in understanding graphs, tables and illustrations. *Contemporary Educational Psychology*, 18, 186 – 221.
- Jiménez, J y Perales, J. (2002). La evidencia experimental a través de la imagen de los libros de texto de Física y Química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1 (2). Artículo en <http://www.saum.uvigo.es/reec>.
- Kozma, R. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and Instruction*, 13, (2), 205 – 226.
- Latour,B.yWoolgar,S.(1986).*Laboratory Life: The Social Construction of the Scientific Facts*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Leinhardt, G, Zalavsky, O. y Stein, M. K. (1990) Functions, Graphs, and graphing. Task a Learning, and teaching. *Review of Educational Research*, 60, (1) , 1 – 64.
- Lynch, M. (1985). *Art and Artifact in Laboratory Science. A Study of Shop Work and Shop Talk in Laboratory*. London.
- Mckenzie, D. L. y Padilla, M.J. (1986). Theconstruction and validation of the graphing in science (togs). *Journal of Research in Science Teaching*, 23, (7), 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 throught twelve. *School Science and Mathematics*, 86, (1), 20 – 25.
- Padilla, M.J. y McKenzie, D.L. (1986). EarlyAdolescence:Graphing.*Science and Children*, 18, (6), 32- 33.
- Papert, S. (1993). *The Children"’s Machine: Rethinking the School in the Age of the Computer*. New York, NY: Basic Books.
- Postigo, Y. y Pozo, J.I. (2000). Cuando una gráfica vale más que 1000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 89 – 110.

- 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), 179 – 221.
- Roth, W.M. y McGinn, M.K. (1997). Graphing: cognitive ability or practice. *Science Education*, 81, 91 - 106.
- Schnotz, W. (1993). On the relation between dual coding and mental models in graphics comprehension. *Learning and Instruction*, 3, 247 - 249.
- Shulman, L.S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4 - 14.
- Wavering, M.J. (1985). *The logical reasoning necessary to make line graphs*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. French Lick Springs, Indiana.