

¿Cómo usan los profesores de Química las representaciones gráficas cartesianas?

José Joaquín GARCÍA GARCÍA & Francisco Javier PERALES PALACIOS

Correspondencia

José Joaquín García García

Departamento de Ciencias y Artes
Facultad de Educación
Universidad de Antioquia.
Calle 67 N° 53 – 108, Bloque 9,
Oficina 150.
Medellín (Antioquia).
COLOMBIA

Teléfono: (00-57-4)2105739

E-mail:
yocolombiano@yahoo.com.mx,
granajoa@ugr.es

Francisco Javier Perales Palacios

Departamento de Didáctica de
las Ciencias Experimentales.
Facultad Ciencias de la
Educación
Universidad de Granada
C.P. 18071 Granada

Tel: 958 – 243555.

E-mail: fperales@ugr.es

Recibido 6-2-2006
Aceptado: 10-7-2006

RESUMEN

Este artículo muestra los resultados de un estudio sobre las prácticas docentes relacionadas con las representaciones gráficas cartesianas. Los resultados muestran que los docentes estudiados realizan muy pocas actividades que requieren de la comprensión de la información implícita de la gráfica. Así mismo, muestran que la frecuencia con la cual el grupo de docentes investigado realiza actividades de interpretación de gráficas que requieren de la comprensión de su información conceptual no varía de acuerdo al nivel educativo. Además, muestra cómo las actividades de interpretación de las gráficas cartesianas disminuyen conforme aumenta el nivel académico. Igualmente, los resultados muestran que los docentes estudiados usan frecuentemente gráficas cartesianas con líneas rectas y ajustadas e infrecuentemente gráficas con varias líneas, líneas curvas y no ajustadas. Por último, el estudio muestra que el grupo de docentes estudiado cree que los estudiantes fallan al interpretar las gráficas por su falta de práctica en este tipo de actividades.

PALABRAS CLAVE: Gráficas cartesianas, Química, Comprensión, Información.

How do chemistry teachers use Cartesian graphical representations?

ABSTRACT

This article shows the results of a study on the educational practices related to Cartesian graphical representations. The results show that the researched teachers do very few activities that require the comprehension of the implicit information in the graph. Also, they show that the frequency with which the researched teachers do activities of interpretation of graphs that require the understanding of their conceptual information does not change according to the educational level. In addition, it is shown that the higher the academic level, the lower the number of activities based on the interpretation of Cartesian graphs. Further, it is pointed out that the teachers frequently use

Cartesian graphs with adjusted and straight lines but do not frequently use Cartesian graphs with several, curved or unadjusted lines. Finally, results show that the researched teachers group believe that the students fail interpreting the graphs due to their lack of practice in doing this type of activities.

KEY WORDS: Cartesian Graphs, Chemistry, Comprehension, Information.

Marco Teórico

En este trabajo nos interesamos por un tipo específico de representaciones, las representaciones gráficas y, en particular, por las gráficas cartesianas. Este tipo de representaciones juega un importante papel en las ciencias, en la enseñanza de las mismas y en su aprendizaje por parte de los estudiantes.

En la ciencia, las gráficas cartesianas resumen, reordenan y exponen la información implícita en los fenómenos, ilustrando patrones de covariación entre sus variables, a partir de los cuales se pueden hacer inferencias (LEMKE, 1998; BASTIDE, 1990; ANDERSON & HELSTRUP, 1993; SCHNOTZ & BANERT, 2003). Por ello son claves en la experimentación (PADILLA ET AL., 1986), y construir las e interpretarlas son prácticas importantes en la ciencia (LATOUR & WOLGAR, 1986; LYNCH, 1985).

En el campo de la Química en particular, construir e interpretar este tipo de gráficas numéricas se lleva a cabo para representar y estudiar fenómenos como: las leyes de los gases, la presión de vapor, curvas de calentamiento, diagramas de fases, curvas de solubilidad o velocidad de reacción (BERG & SMITH, 1994; PADILLA ET AL., 1986). Con respecto a los temas en los cuales es interesante usar las representaciones gráficas cartesianas, la investigación ha demostrado que la mayoría de las gráficas cartesianas encontradas en los libros de texto de Química general se refieren a tres temas: termodinámica y termoquímica, cinética química y comportamiento de los gases. Así mismo, ha mostrado que para explicar temas como ordenamiento periódico y soluciones también se hace uso frecuente de las gráficas cartesianas. Igualmente, se ha encontrado que las gráficas cartesianas también son utilizadas en los textos para explicar temas como las relaciones materia-energía, las relaciones estequiométricas, el enlace químico, las valoraciones ácido base y la electroquímica, aunque con una frecuencia mucho menor (GARCÍA, 2005).

En el campo del aprendizaje, la instrucción en la construcción e interpretación de este tipo de gráficas parece ayudar a la comprensión de muchos conceptos científicos, pues estas dan un formato visible a los fenómenos no evidentes (KOZMA, 2003). Además, al parecer su utilización facilita el juicio perceptivo, reduciendo la dificultad en la búsqueda de la información y la carga soportada por la memoria de trabajo (COX, 1999). Igualmente su uso combinado con el uso de enunciados puede mejorar la comprensión (PAIVIO, 1986). Por último, desde la perspectiva piagetiana, la construcción de gráficas cartesianas puede constituir un contenido y una habilidad puente entre el pensamiento concreto y el pensamiento formal (MOKROS & TINKER, 1984).

La investigación didáctica sobre las gráficas cartesianas se ha realizado fundamentalmente bajo dos enfoques teóricos. El primer enfoque concibe la construcción e interpretación de este tipo de gráficas como procesos cuya ejecución depende de la posesión previa de un grupo de habilidades cognitivas. Este enfoque se basa en la suposición de que existe un isomorfismo estructural entre los fenómenos naturales y las ecuaciones matemáticas "*cópula de Wilson*" (GILBERT & MULKAY, 1984).

Así, bajo esta concepción, las gráficas sólo son expresiones matemáticas que se refieren a conjuntos de observaciones objetivas usadas para identificar patrones y tendencias en un fenómeno, y por ello son independientes del medio social en el cual son construidas (ROTH & MCGINN, 1997). Por esto su construcción e interpretación sólo depende de la posesión de un grupo de habilidades por parte del sujeto.

El segundo enfoque propone que la ejecución de los procesos de construcción e interpretación de representaciones gráficas depende de la frecuencia y el tipo de prácticas realizadas por los sujetos que llevan a cabo dichos procesos. Este enfoque se basa en la tesis de que no existe una relación de correspondencia entre los fenómenos naturales y las estructuras matemáticas y que, por lo tanto, se produce un salto ontológico entre los diferentes tipos de representaciones (datos, tablas, gráficas, etc.), y entre estas y el fenómeno investigado (LATOUR, 1993). Desde esta óptica, los procesos de construcción e interpretación de gráficas, aunque impliquen un tipo de razonamiento, este sólo es observable en una forma socialmente estructurada y articulado a una actividad (ROTH & BOWEN, 1999; ROTH & MCGINN, 1997). Desde esta concepción, para lograr una ejecución satisfactoria de los procesos de construcción e interpretación de gráficas, lo más importante no es que los estudiantes presenten un grupo de habilidades, sino que participen de manera progresiva, activa, colectiva y reiterativa en prácticas relacionadas con dichos procesos; conversando, comprendiendo y tomando posiciones compartidas (LAVE, 1988; BOWEN ET AL., 1999).

El proceso de interpretación de gráficas cartesianas:

En cuanto al proceso mismo de interpretación de una gráfica cartesiana, Postigo & Pozo (2000) proponen que se realiza en tres niveles de procesamiento de la información que están organizados en un continuo. Estos niveles de procesamiento son los siguientes:

- 1) Información explícita: es el nivel más básico de lectura gráfica. En él se identifican los elementos superficiales de la gráfica, como título, nombres y tipo de variables, fenómeno representado, valores de las variables, etc.
- 2) Información implícita: es el nivel medio de procesamiento, e implica la identificación de patrones y tendencias, el establecimiento de las relaciones entre las variables y la decodificación e interpretación de las convenciones, leyendas o símbolos incluidos en la gráfica. Este nivel de procesamiento requiere del razonamiento proporcional.
- 3) Información conceptual: en este nivel de procesamiento se establecen relaciones conceptuales a partir de la información gráfica, requiriendo de otros conocimientos relacionados con el contenido representado, interpretaciones, explicaciones o predicciones sobre los fenómenos representados en la gráfica.

Las representaciones gráficas en la clase de ciencias

Al parecer, las representaciones gráficas cartesianas no han sido tenidas muy en cuenta en la enseñanza de las ciencias y las prácticas relacionadas con las mismas parecen ser bastante deficientes (PADILLA, MCKENZIE & SHAWN, 1986). Así, en clase de ciencias la actividad con este tipo de gráficas se reduce a un uso pasivo de las mismas que consiste sólo en ubicar pares ordenados en el plano cartesiano. Es decir, su uso en el aula no suele incluir su interpretación (BLUBAUGH & EMMONS, 1999; PRATT, 1995; AINLEY ET AL., 2000; ROTH & BOWEN, 1999). En este artículo se presentan los resultados de una investigación acerca de las prácticas que realizan los docentes de Química y que están relacionadas con las representaciones gráficas cartesianas.

Metodología

La muestra estuvo conformada por diez docentes de Química distribuidos en tres grupos. El primer grupo estaba conformado por tres profesores de la asignatura denominada *Ciencias de la Naturaleza y su Didáctica* en la Diplomatura en Educación de la Universidad de Granada (España). Este curso tiene siete créditos y es de carácter transversal; en él se tratan temas básicos de Química general, como la teoría atómica, el enlace químico, la teoría de los gases, la conformación y el comportamiento de las soluciones, sistemas iónicos y equilibrio ácido base. El segundo grupo estaba constituido por dos profesores de la asignatura de *Química General* en la Licenciatura en Química de la Universidad de Granada (España). Esta área de *Química General* (llamada inorgánica en el nuevo programa) incluye todos los temas referidos a la estructura, composición y comportamiento de las sustancias químicas de carácter inorgánico. Es decir, las teorías sobre la estructura del átomo, el comportamiento de los sistemas gaseosos, líquidos y sólidos, la teoría sobre la reacción química y el enlace químico, los sistemas químicos en equilibrio y nociones de termoquímica. El tercer grupo estaba conformado por cinco profesores de *Química General I* dictada en el primer curso del Bachillerato del colegio Champagnat de la ciudad de Bogotá (Colombia). En este curso se contemplan los mismos temas incluidos en el curso de *Química General* dictado en la Licenciatura en Química de la Universidad de Granada, pero con un nivel de profundidad un poco menor.

Para recolectar la información sobre las prácticas llevadas a cabo por el grupo de docentes estudiado, en relación con las representaciones gráficas cartesianas, se elaboró un cuestionario en el que se les formulaban preguntas sobre la frecuencia de realización de dichas actividades en las aulas, el tipo de gráficas cartesianas usadas en las aulas y las causas que ellos atribuían al fracaso de los estudiantes cuando estos interpretan gráficas cartesianas.

Las preguntas elaboradas sobre el primer aspecto presentaban cuatro opciones de respuesta sobre la frecuencia de la realización de determinada actividad, desde las cuales el docente debía seleccionar la más adecuada. A efectos de análisis posteriores, a cada una de estas respuestas se le asignó un puntaje (ver paréntesis).

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| a) Frecuentemente (4 puntos) | b) Algunas veces (3 puntos) |
| c) Pocas veces (2 puntos) | d) Casi nunca (1 punto) |

La pregunta elaborada para indagar sobre el segundo aspecto solicita a los docentes que califiquen numéricamente la frecuencia de uso de cada tipo de gráfica cartesiana con un valor que va desde cinco (5) para el tipo de gráfica más usado hasta uno (1) para el menos usado.

En el caso del tercer aspecto, el docente debe elegir uno de los enunciados que aparecen como opciones de respuesta a la cuestión correspondiente. Al tratarse de un estudio de carácter descriptivo y al presentarse separado de otros estudios realizados por los autores sobre el tema, no se ofrecen aquí hipótesis sobre los posibles resultados a obtener.

- *Frecuencia de utilización de las gráficas cartesianas y de actividades relacionadas con ellas:*

Para el estudio de estas variables, se formularon a los docentes un grupo de cuestiones que indagaban sobre la frecuencia con la que ellos creían utilizar en el aula las gráficas cartesianas y realizar diversas actividades relacionadas con su uso, manipulación y estandarización (véase el Cuadro 1).

Cuadro 1. Variables referidas a la frecuencia de uso de actividades relacionadas con las gráficas cartesianas.

Frecuencia de utilización de las representaciones gráficas como tales.	
Frecuencia de utilización de actividades relacionadas con las representaciones gráficas. UG	
-Identificación de las variables. IV -Asignación variables a los ejes. VE -Asignación de título a la gráfica. AT -Interpolación y/o extrapolación. IE -Determinación de la covariación. DC -Identificación de puntos en el gráfico. IP -Determinación máximos y mínimos. Mmm -Identificación de la proporcionalidad. IPr	-Formulación de expresión algebraica para la relación. EA -Reconocimiento de los términos. RT -Elaboración de síntesis conceptuales. SC -Elaboración de explicaciones. EE -Elaboración de predicciones. EP -Interpretación simultánea de dos gráficas. IS -Tipificación y ajuste de una línea gráfica. TS

- *Variables referidas al tipo de actividades realizadas y relacionadas con las representaciones gráficas.*

Para estudiar estas variables, las diferentes actividades relacionadas con el uso de representaciones gráficas y sobre las cuales ya se ha estudiado su frecuencia de utilización, se clasifican de acuerdo a dos criterios: su orientación general y las tareas de los tres niveles de comprensión de la información gráfica con las cuales están relacionadas.

- Orientación general de las actividades relacionadas con las representaciones gráficas

Para el estudio de esta variable, las actividades relacionadas con el uso de representaciones gráficas se clasificaron en dos subgrupos o categorías: actividades de construcción de representaciones gráficas cartesianas y actividades de interpretación de representaciones gráficas cartesianas. Así mismo, para comparar la frecuencia con la que se realizan estos dos tipos de actividades en los diferentes niveles educativos, se sumó la frecuencia de uso de cada una de las actividades pertenecientes a cada subgrupo y luego se determinó el valor promedio en cada grupo de docentes (véase el Cuadro 2).

- Frecuencia de las actividades que hacen uso de las gráficas cartesianas relacionadas con cada uno de los tres niveles de comprensión gráfica

Para el estudio de esta variable se clasificaron las actividades relacionadas con las gráficas cartesianas en tres categorías: actividades relacionadas con el nivel de comprensión explícita, actividades relacionadas con el nivel de comprensión implícita y actividades relacionadas con el nivel de comprensión conceptual (véase Cuadro 2).

Igualmente, para comparar la frecuencia con la que se realizan estos tres tipos de actividades se sumó la frecuencia de uso de cada una de las actividades pertenecientes a cada categoría y luego se determinó el valor promedio de dicha suma en cada nivel educativo.

Cuadro 2. Variables referidas a las actividades relacionadas con las gráficas

<i>Orientación general de las</i>	Actividades de construcción de representaciones gráficas cartesianas	
	Asignación de variables a los ejes. Asignación de título a la gráfica.	Identificación de puntos en el gráfico. Tipificación o ajuste de la línea gráfica.
	Actividades de interpretación de representaciones gráficas cartesianas	

<i>actividades realizadas</i>	Identificación de las variables. Interpolación y/o extrapolación de datos. Determinación de la covariación. Determinación de máximos y mínimos. Identificación de la proporcionalidad. Formulación de una ecuación.	Reconocimiento de los términos. Elaboración de síntesis conceptuales. Elaboración de explicaciones. Elaboración de predicciones. Interpretación simultánea de dos gráficas.
<i>Relación de las actividades con las tareas de los niveles de comprensión gráfica.</i>	<i>Relacionadas con el nivel explícito</i> Identificación de variables. Interpolación y extrapolación. Asignación de variables a ejes. Asignación de título a la gráfica.	<i>Relacionadas con el nivel de implícito</i> Identificación de puntos. Determinación de la covariación. Reconocimiento de máximos y mínimos. Identificación de la proporcionalidad. Formulación de una ecuación. Reconocimiento de términos.
		<i>Relacionadas con el nivel conceptual</i> Elaboración de conclusiones. Elaboración de predicciones. Elaboración de explicaciones.

- *Preferencia en la utilización de diferentes tipos de gráficas cartesianas.*

En esta variable se tuvo en cuenta si las representaciones gráficas preferidas para ser utilizadas por el profesor presentaban líneas rectas o curvas, si estas líneas se encontraban ajustadas o no, y si se presentaba más de una línea dentro del espacio gráfico (véase el Cuadro 3).

Para comparar la frecuencia con la que los docentes usan los diferentes tipos de gráficas, se sumó la frecuencia de uso de cada uno de los tipos y luego se determinó el valor promedio alcanzado por cada tipo de gráfica.

Cuadro 3. Variables referidas al tipo de gráfica preferida para usar en el aula

<i>Tipo de gráfica cartesiana a usar.</i>	- Con una única línea, recta y ajustada. - Con una única línea, curva y ajustada. - Con una única línea, curva y no ajustada. - Con una única línea, recta y no ajustada.
---	--

- *Criterios acerca del desempeño de los estudiantes cuando se enfrentan a actividades de interpretación de representaciones gráficas:*

Para el estudio de esta variable se tuvieron en cuenta cuatro categorías que establecían causas diferentes para las dificultades de estudiantes cuando interpretan representaciones gráficas cartesianas (véase el Cuadro 4).

Cuadro 4. Variables referidas a los criterios sobre el desempeño de los estudiantes

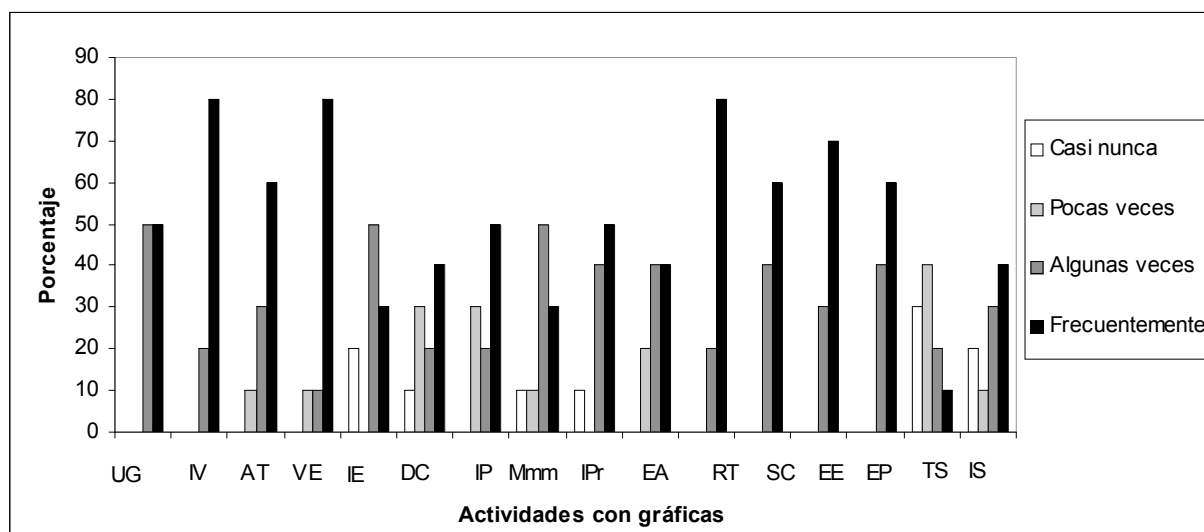
<i>Criterios acerca del desempeño de los estudiantes cuando se enfrentan a actividades de interpretación de representaciones gráficas.</i>	Deficiencias en habilidades de representación. Deficiencias de tipo conceptual. Desarrollo cognitivo insuficiente. Deficiencias en el número de prácticas y actividades relacionadas con las gráficas.
--	---

Resultados

- *Sobre la frecuencia de diferentes actividades con gráficas.*

Aunque los docentes estudiados reconocen usar en general frecuentemente las gráficas cartesianas (UG), los resultados sobre la frecuencia con la cual realizan diferentes actividades relacionadas con este tipo de gráficas muestran varias tendencias. En primer lugar, puede observarse que el grupo de docentes manifiesta realizar frecuentemente actividades correspondientes a operaciones propias del nivel de comprensión conceptual, como elaboración de síntesis conceptuales (SC), de explicaciones (EE) y de predicciones (EP), y algunas relacionadas con el nivel de comprensión explícito, como asignar las variables a los ejes (VE) e identificarlas (IV). En segundo lugar, puede observarse que ellos sólo llevan a cabo frecuentemente unas pocas actividades relacionadas con el nivel de comprensión implícito, como la identificación de la proporcionalidad (IPr) y el reconocimiento de términos (RT) (véase la Gráfica 2).

Además, los diez docentes estudiados reconocen realizar poco actividades como la interpolación y/o extrapolación de datos (IE), asignación de título a la gráfica (AT), identificación de la covariación entre las variables (IC), identificación de puntos (IP), determinación de máximos y mínimos (Mm) e identificación de la relación a través de la determinación de la expresión algebraica más adecuada para la misma (EA). Por último, estos resultados permiten observar que las actividades de tipificación (estandarización) (TS) y de interpretación simultánea de dos representaciones gráficas cartesianas (IS) son poco usadas por los docentes de Química.



Gráfica 1. Distribución porcentual de la frecuencia con que manifiestan realizar actividades con gráficas cartesianas diez profesores de Química.

La escasa frecuencia con la cual los profesores investigados realizan la mayoría de las actividades relacionadas con el nivel implícito puede indicar que los estudiantes disponen de pocas oportunidades para manipular las gráficas, pues es precisamente este tipo de actividades el que permite mayor interacción entre ellos y las gráficas. Esta baja frecuencia, comparada con la alta frecuencia con la que los profesores manifiestan realizar actividades relacionadas con el nivel de comprensión conceptual de la información gráfica, puede invitar a pensar que este último tipo de actividades no parte de la gráfica en sí, sino que la utiliza como elemento accesorio, ofreciendo junto a ella las expresiones algebraicas correspondientes, que serían las llamadas a ser utilizadas en este tipo de actividades. Aunque esto no sea así, la diferencia de frecuencia citada genera un vacío en el continuo que supuestamente constituye la interpretación de la información gráfica, pues es muy difícil llevar a cabo actividades de tipo conceptual sin la realización previa de las de tipo implícito. Otra tesis que podría explicar estas diferencias sería que las actividades de tipo explícito se corresponden a momentos de presentación de contenidos y momentos iniciales de la construcción de gráficas dentro de trabajos prácticos, y que las de tipo conceptual se corresponden con momentos evaluativos más que con espacios de tiempo de corte explicativo.

Por otra parte, estos resultados son coincidentes con las fuertes dificultades que presentan los estudiantes de Bachillerato y de licenciatura para llevar a cabo tareas propias del nivel de comprensión explícito, como la lectura de datos (identificación de puntos (IP), interpolación/extrapolación (IE)) y la asignación de título a la gráfica (AT), y para realizar algunas tareas propias del nivel de comprensión implícito, como la identificación de la relación a través de la selección de la expresión algebraica más adecuada (EA) o la determinación de la covariación (DC) que se presenta entre las variables (GARCÍA & PERALES, en prensa).

Lo que no es coincidente es que los docentes estudiados expresen realizar frecuentemente actividades relacionadas con el nivel de comprensión conceptual de la información gráfica, y que los estudiantes presenten fuertes dificultades para la ejecución de tareas propias de este nivel de comprensión de la información gráfica (GARCÍA & PERALES, en prensa). Esto puede deberse a varias razones. Así, es posible que, en primer lugar, las actividades de tipo conceptual que manifiestan plantear el grupo de docentes estudiado puedan ser de baja dificultad, es decir, exigir sólo el uso de la información proporcionada por la gráfica (sin tener que recurrir a otros conceptos) o la simple aplicación de una expresión algebraica. Esto podría hacer difícil para los estudiantes formular conclusiones, explicaciones o predicciones que fuesen más allá de la relación simple entre las variables e involucrasen otros parámetros o procedimientos diferentes a la aplicación de expresiones algebraicas.

Por otra parte, y en segundo lugar, el hecho de que las diferentes operaciones que se realizan en el procesamiento de la información gráfica formen parte de un continuo (POSTIGO & POZO, 2000) puede explicar en parte esta ausencia de coincidencia entre desempeño de los estudiantes en tareas de tipo conceptual y la frecuencia de realización de actividades del mismo tipo por parte del grupo de docentes estudiado. Es decir, el desempeño de los estudiantes en este tipo de tareas no sólo podría estar relacionado con la frecuencia con la que se realizan en el aula actividades relacionadas con ellas, sino que también estaría influenciado por la frecuencia con la que se realizan otras actividades relacionadas con los niveles explícito e implícito de comprensión de la información gráfica.

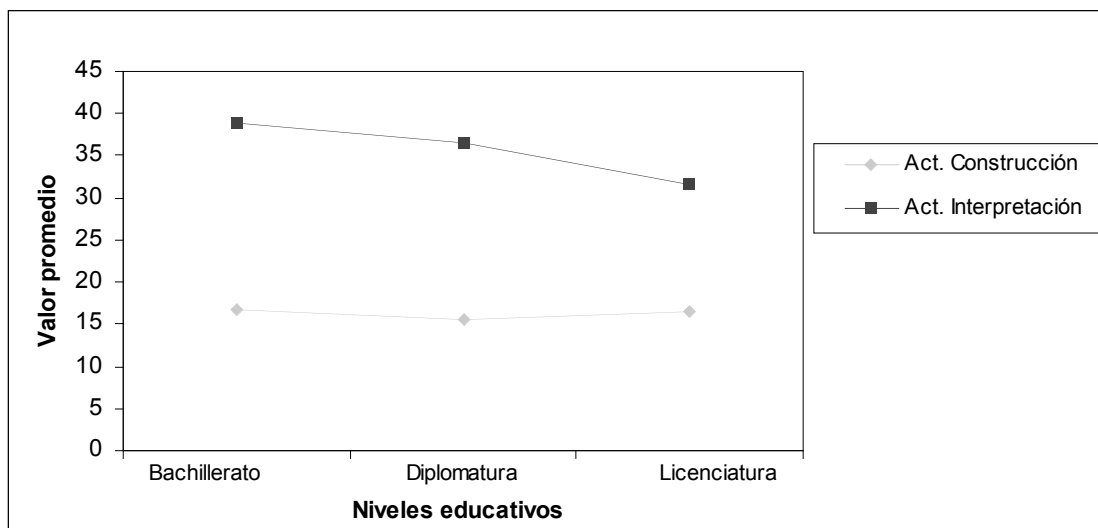
De otro lado, la baja frecuencia con la que el grupo de docentes encuestado manifiesta realizar en el aula el análisis simultáneo de dos gráficas cartesianas es coincidente con las dificultades que presentan los estudiantes para llevar a cabo tareas como la identificación de la relación determinando la expresión algebraica más adecuada (EA) o la elaboración de síntesis conceptuales (SC) y de explicaciones (EE), en las que se requieren de dicho análisis (GARCÍA & PERALES, en prensa).

Por último, el que la actividad de tipificación (estandarización) de las gráficas sea la que con menor frecuencia se realiza en el aula puede indicar dos cosas. En primer lugar, puede indicar que el grupo de docentes estudiado no provee espacios de tiempo suficientes para articular las representaciones gráficas con sus procesos de producción y refinamiento. Es decir, que existe un vacío ontológico entre el estudio experimental de los fenómenos y la formulación de leyes y principios sobre los mismos utilizando representaciones gráficas cartesianas. Este vacío ontológico con el que se presentan las gráficas cartesianas en las aulas de ciencias ya ha sido descrito por otros autores (BOWEN ET AL., 1999).

En segundo lugar, los resultados pueden indicar que las prácticas de laboratorio propuestas en clase de ciencias y realizadas por los estudiantes podrían ser muy pocas, o no incluirían los procesos de tipificación de las representaciones gráficas cartesianas. Si ocurre lo primero, esto iría en contraposición con la naturaleza experimental de ciencias como la Química; si es lo segundo, dichas prácticas serían incompletas o corresponderían más a experiencias para mostrar que a experimentos propiamente dichos, lo que caricaturizaría los procedimientos experimentales.

- *Sobre la frecuencia de las actividades de construcción e interpretación de gráficas.*

Cuando se observa la frecuencia con la cual el grupo de docentes proponen las actividades de construcción e interpretación de gráficas cartesianas en el aula, se puede afirmar que en los tres niveles educativos estudiados las actividades de construcción de gráficas parecen realizarse con igual frecuencia, aunque sean levemente menos utilizadas en el nivel de diplomatura. Así mismo, se puede observar que las actividades de interpretación de las gráficas disminuyen conforme aumenta el nivel educativo (véase la Gráfica 2).

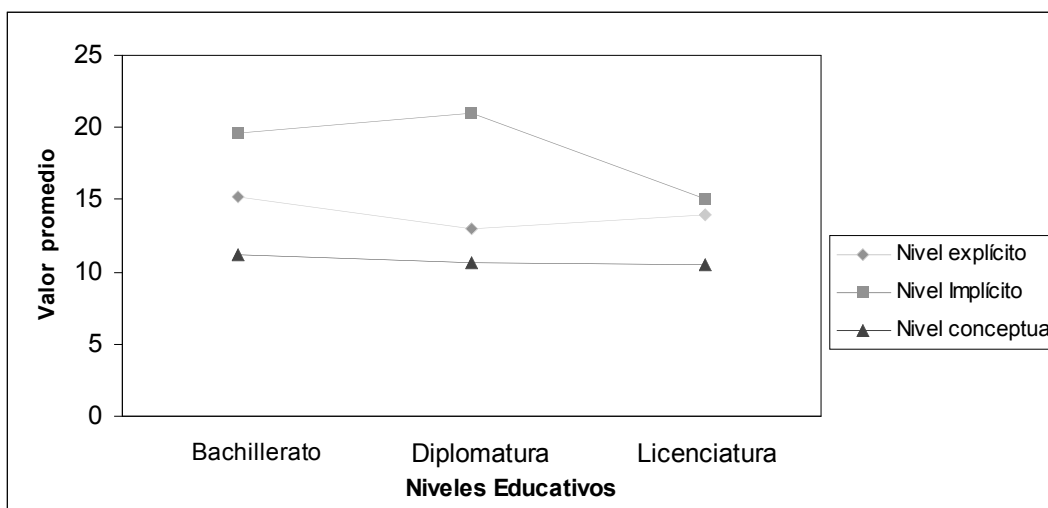


Gráfica 2. Valores promedio del total de actividades de construcción e interpretación de gráficas cartesianas que manifiestan realizar diez docentes de Química de tres niveles educativos.

Al comparar estos resultados con los de otro estudio en el que se muestra que los estudiantes de Bachillerato presentan mejor comprensión en los aspectos conceptuales de las representaciones gráficas cartesianas que los estudiantes de Universidad (GARCÍA & PERALES, 2005), se puede inferir que, al parecer, una alta frecuencia en la realización de actividades de interpretación de las representaciones gráficas podría influir positivamente en la ejecución de los estudiantes de tareas relacionadas con el nivel de comprensión conceptual.

- Sobre la frecuencia de las actividades propias de cada nivel de comprensión gráfica.

Los resultados sobre cómo varía la utilización de las actividades relacionadas con cada nivel de comprensión de la información gráfica de acuerdo con el nivel educativo muestran que, en el grupo de docentes estudiado, las actividades relacionadas con el nivel de comprensión explícita son más realizadas por los docentes de Bachillerato que por los docentes de los otros niveles (véase la Gráfica 3).



Gráfica 3. Valores promedio del total de actividades de acuerdo con el nivel de comprensión gráfica al que se refieren que manifiestan realizar diez profesores de Química de tres niveles educativos.

En cuanto a las actividades referidas al nivel de comprensión implícito de la información gráfica, se observa que los docentes de la diplomatura las utilizan un poco más que los de Bachillerato, y que son los docentes de licenciatura los que menos las usan. Finalmente, se observa que la frecuencia con la que el grupo de docentes estudiado lleva a cabo las actividades referidas al nivel de comprensión conceptual es muy similar en los tres niveles educativos.

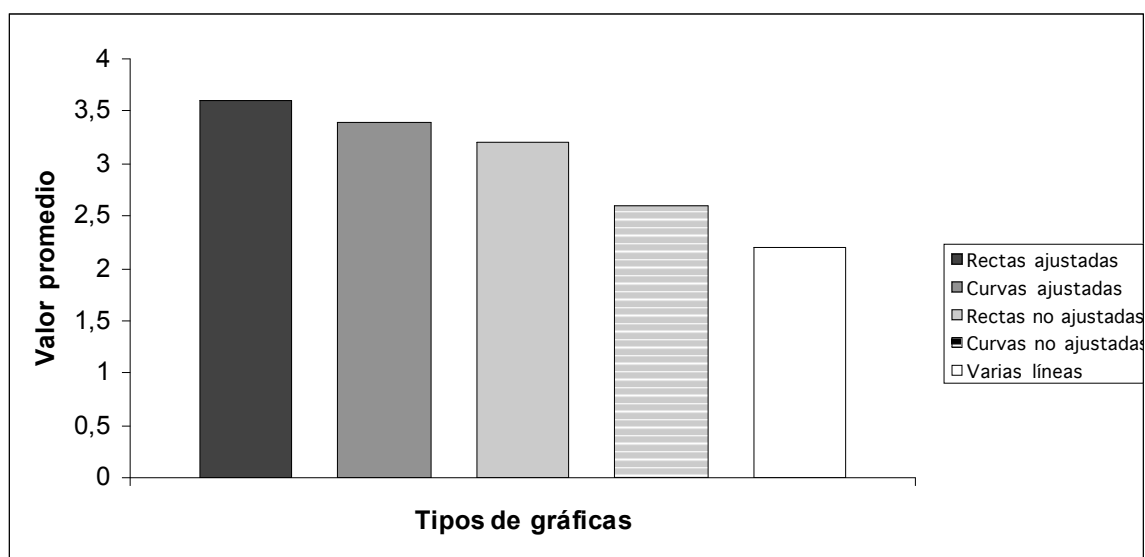
Estos resultados coinciden con las diferencias encontradas en el nivel de comprensión explícito entre los estudiantes de licenciatura y diplomatura (GARCÍA & PERALES, 2005), que mostraban cómo para los primeros dicho nivel de comprensión es significativamente más alto. Es decir, al parecer es posible que un aumento en la frecuencia de realización de las actividades relacionadas con el nivel de comprensión explícito pueda producir una mejora en la ejecución de los estudiantes en tareas que involucren operaciones propias de este nivel.

Por el contrario, estos resultados no coinciden con las diferencias encontradas en el nivel conceptual entre los estudiantes de Bachillerato y los estudiantes de licenciatura y diplomatura, que muestran que el valor promedio de dicha comprensión en los estudiantes de Bachillerato es significativamente mayor (GARCÍA & PERALES, 2005). Es decir, parece ser que la frecuencia de realización de las actividades de tipo conceptual por sí sola no aseguraría un buen desempeño en la ejecución que realizan los estudiantes de tareas que involucren operaciones propias del nivel de comprensión conceptual, ya que la frecuencia con la que el grupo de docentes estudiado propone estas actividades de tipo conceptual apenas varía en los tres niveles educativos.

La explicación a esto podría encontrarse en la variación, esta vez sí notoria, de la frecuencia con la cual los docentes de los tres niveles proponen actividades relacionadas con el nivel de comprensión implícito. En otras palabras, la diferencia en la ejecución de tareas de tipo conceptual entre los estudiantes de Bachillerato y los de los otros dos grupos podría provenir de una combinación de actividades relacionadas con el nivel de comprensión conceptual con actividades relacionadas con los niveles de comprensión implícito y explícito. Este argumento apoyaría la tesis que sostiene que los tres niveles de comprensión de la información gráfica son parte de un continuo y que no se presentan de forma aislada los unos de los otros (POSTIGO & POZO, 2000).

- *Sobre la frecuencia en el uso de diferentes tipos de gráficas en el aula*

En cuanto a los resultados sobre la frecuencia con la cual el grupo de profesores estudiado utiliza diferentes tipos de gráficas, puede verse que usan más las gráficas con líneas ajustadas y rectas, y mucho menos frecuentemente gráficas con líneas curvas, no ajustadas o que presenten varias líneas (véase la Gráfica 4).

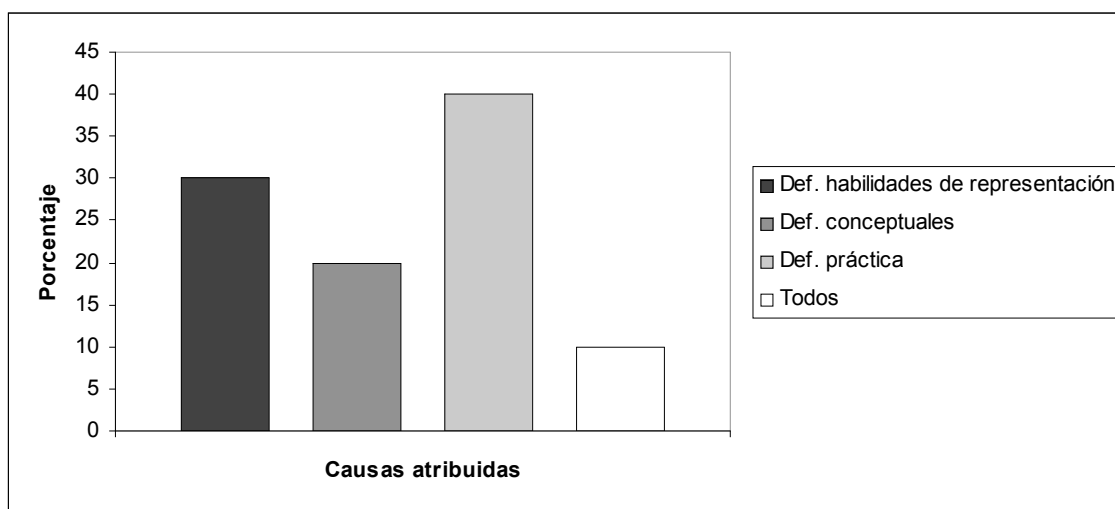


Gráfica 4. Valores promedio de la frecuencia con la cual diez profesores de Química manifiestan utilizar diferentes tipos de gráficas.

Estos resultados coinciden con otro estudio en el que se afirmaba que las gráficas con una única línea, líneas rectas y/o ajustadas (curvas o rectas) eran más familiares para los estudiantes, y que aquellas con varias líneas, líneas curvas y/o no ajustadas (rectas o curvas) eran menos familiares para ellos, y que por ello éstas últimas podrían ser más difíciles de interpretar (GARCÍA & PERALES, en prensa).

- *Sobre las causas que atribuyen los docentes a los errores de los estudiantes al interpretar gráficas*

Los resultados sobre las causas a las que el grupo de docentes indagado atribuye los errores que presentan los estudiantes cuando estos interpretan gráficas cartesianas muestran que la mayoría de ellos (40%) piensa que a los alumnos se les deben proporcionar más oportunidades para que lleven a cabo actividades de interpretación de representaciones gráficas (véase la Gráfica 5).



Gráfica 5. Distribución porcentual de diez profesores de Química de acuerdo a las causas a las que atribuyen las fallas de los estudiantes en la interpretación de gráficas.

Es decir, los docentes estudiados ponen en cuestión su labor didáctica con respecto a este tema, al tiempo que reconocen su importancia en la consecución de mejores aprendizajes por parte de los estudiantes. Lo expresado por este significativo porcentaje de docentes está de acuerdo con la posición que sostiene que la ejecución adecuada de los procesos de construcción e interpretación de las gráficas depende más de su práctica continua que de la posesión previa de un grupo de habilidades cognitivas (ROTH & MCGUINN, 1997).

Por otra parte, estos mismos resultados muestran que otro porcentaje de docentes, menor pero igualmente significativo (30%), atribuyen los fallos de los estudiantes a sus deficiencias en las habilidades necesarias para construir e interpretar este tipo de representaciones. Estas opiniones coinciden la posición que sostiene que la construcción e interpretación de las gráficas cartesianas son actividades que requieren de la posesión previa de un conjunto de habilidades cognitivas (ROTH & MCGUINN, 1997).

Por otra parte, que el 20% de los docentes crea que los fallos de los estudiantes cuando interpretan gráficas cartesianas se deben a que presentan deficiencias conceptuales puede indicar varias cosas. En primer lugar, podría indicar que estos docentes orientan la utilización de las gráficas cartesianas hacia la comprobación de las leyes y los principios científicos ya explicados en el aula, caso en el cual la interpretación de las gráficas cartesianas sería posterior al aprendizaje en sí de dichos conceptos y principios. En segundo lugar, podría inferirse que ellos usan las gráficas cartesianas sólo como instrumentos de evaluación del aprendizaje de los conceptos. En tercer lugar, independientemente de las suposiciones anteriores, en otro estudio se ha encontrado que los estudiantes carecen muchas veces de los prerrequisitos conceptuales para la interpretación de las gráficas cartesianas, sobre todo cuando se trata de utilizarlas para llevar a cabo tareas propias del nivel de comprensión conceptual, y cuando dichas tareas requieren de ir más allá de la aplicación de expresiones algebraicas o de la utilización de otros conceptos (GARCÍA & PERALES, en prensa).

Por último, el que un porcentaje pequeño de docentes crea que es una combinación de causas la que genera los fallos presentados por los docentes al interpretar las gráficas refleja una posición que reconoce la responsabilidad didáctica del docente, pero que también deja abierta la posibilidad de que los fallos puedan originarse en el estudiante, ya sean estos debidos a su falta de habilidades para la representación o a sus deficiencias conceptuales.

Conclusiones

1. Al comparar los resultados acerca de las prácticas realizadas por el grupo de docentes encuestado con los de otros estudios que muestran que el nivel de ejecución de los estudiantes en tareas de interpretación de gráficas es bajo, podría inferirse que tal vez dichas prácticas pueden estar influyendo en este nivel de ejecución..

Esta conclusión se apoya, en primer lugar, en la poca frecuencia con la que el grupo de docentes estudiado realiza en las aulas las actividades de interpretación de gráficas relacionadas con la comprensión de su información implícita, al igual que las actividades de tipificación e interpretación simultánea de gráficas, actividades que por su complejidad y riqueza proporcionan una mayor interacción entre el estudiante y las gráficas. Es decir, esto haría que el estudiante no se encontrara lo suficientemente entrenado para manipular las gráficas cartesianas en tareas posteriores.

En segundo lugar, el que los profesores estudiados manifiesten que usan poco representaciones gráficas cartesianas con líneas curvas y no ajustadas, o con varias líneas, hace posible inferir que cuando los estudiantes interpreten gráficas con estas características probablemente tendrán dificultades.

En tercer lugar, el que la frecuencia con la cual los docentes encuestados manifiestan realizar actividades de interpretación de representaciones gráficas disminuya conforme aumenta el nivel académico, y que sean los estudiantes de Bachillerato los que presenten mejores resultados en la ejecución de las tareas de interpretación de este tipo de gráficas, concuerda con la suposición de una relación entre la frecuencia de realización de las actividades de interpretación de gráficas cartesianas y el desempeño de los estudiantes en tareas de interpretación del mismo tipo de gráficas.

Por último, el que un porcentaje significativo de docentes opine que los fallos que presentan los estudiantes cuando interpretan gráficas cartesianas son debidos a la poca frecuencia con la que se realizan actividades con este tipo de gráficas en las aulas, refuerza la conclusión acerca de la influencia que podría ejercer la frecuencia y el tipo de prácticas realizadas en el aula con gráficas cartesianas sobre la ejecución que presentan los estudiantes de diversas tareas de interpretación de las mismas.

2. Al parecer, los tres niveles de comprensión de la información gráfica forman parte de un continuo y no son independientes el uno del otro. Esta conclusión se apoya en la comparación de los resultados de este estudio con los de otros estudios. En este estudio se muestra cómo los docentes encuestados realizan pocas actividades relacionadas con el nivel de comprensión implícita y más actividades relacionadas con los niveles de comprensión explícito y conceptual, y que la frecuencia del tercer tipo de actividades no varía de acuerdo al nivel educativo; mientras que en otros estudios se determina que los estudiantes presentan dificultades para llevar a cabo tareas propias de los niveles de comprensión implícito y conceptual.

De esta forma, al parecer la relación entre la ejecución de tareas propias de un nivel de comprensión y la realización de actividades relacionadas con este nivel en las aulas no sería directa, sino que lo primero podría tener que ver con la utilización combinada de actividades relacionadas con los tres niveles de comprensión de la información gráfica.

Recomendaciones

Los resultados de este estudio permiten formular las siguientes recomendaciones:

1. Podría ser necesario aumentar el número y la diversidad de actividades en las que se usan representaciones gráficas cartesianas. Igualmente, podría ser recomendable que los docentes aumenten el número de actividades relacionadas con el nivel de comprensión de la información implícita de la gráfica, ya que es este tipo de actividades el que les ofrece a los estudiantes mayores posibilidades para la manipulación y la transformación de las representaciones gráficas cartesianas. Además, podría ser recomendable que los docentes propongan un mayor número de actividades en las que se ofrezcan dos gráficas para su análisis simultáneo y en las que se presenten gráficas cartesianas con varias líneas, líneas curvas y líneas no ajustadas.

2. Podría ser importante tratar de equilibrar el número de actividades propuestas en el aula referidas a aspectos conceptuales y explícitos de la información gráfica con las referidas a los aspectos implícitos de la misma, atendiendo a que los resultados muestran que, al parecer, los tres tipos de comprensión de la información gráfica forman un continuo y que no son independientes. Así mismo, se podrían proponer actividades que requieran de tareas de los tres niveles de comprensión de la información gráfica, es decir, que requieran de interpretación en los tres niveles.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado gracias al auspicio 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*.

Referencias bibliográficas

AINLEY, J., NADI, H. & PRATT, D. (2000). The construction of meaning for trend in active graphing. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 5, 85–114.

- ANDERSON, R. F. & HELSTRUP, T. (1993). Visual Discovery in mind and on paper. *Memory and Cognition*, 21(3), 283–293.
- BASTIDE, F. (1990). The iconography of scientific texts: Principles of analysis. En LYNCH, M. & WOOLGAR, S. (eds.), *Representation in Scientific Practice*. Cambridge, MA: MIT Press, 187–229.
- BERG, C. A. & SMITH, P. (1994). Assessing Students' abilities to construct and interpret line graphs: disparities between multiple-choice and free-response instruments. *Science Education*, 78, (6), 527 - 554.
- BLUBAUGH, W. L & EMMONS, K. (1999). Algebra for all. Graphing for all students. *Mathematics Teacher*, 92, (4), 323–334.
- BOWEN, G. M., ROTH, W. M. & 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.
- COX, R. (1999). Representation construction, externalised cognition and individual differences. *Learning and Instruction*, 9, 343–363.
- GARCÍA, J. J. (2005). *La comprensión de las representaciones gráficas cartesianas presentes en los libros de texto de ciencias experimentales, sus características y el uso que se hace de ellas en el aula*. Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Granada.
- GARCÍA, J. J. & PERALES, F. J. (2005). ¿Influye la formación académica de los estudiantes e su comprensión de las representaciones gráficas? *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra VII Congreso Internacional sobre Enseñanza de las Ciencias. Granada, España.
- GARCÍA, J. J & PERALES, F. J. (en prensa). ¿Comprenden los estudiantes las gráficas cartesianas usadas en los textos de ciencias?
- GENTNER, D. & MARKMANN, A. B. (1997). Structure mapping in analogy and similarity. *American Psychologist*, 25, 45–56.
- GILBERT, G. N. & MULKAY, M. (1984). *Opening Pandora's Box: A Sociological Analysis of Scientist's Discourse*. Cambridge: Cambridge University Press.
- 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. & WOOLGAR, S. (1986). *Laboratory Life: The Social Construction of the Scientific Facts*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- LATOUR, B. (1993). *La Clef de Berlin et Autres Lecons d'un Amateur de Sciences*. Paris: Editions la Découverte.
- LAVE, J. (1998). *Cognition and practice: Mind, Mathematics and Culture in Every Life*. Cambridge: Cambridge University Press.
- LEMKE, J. L. (1998). Multiplying meaning: Visual and verbal semiotics in scientific text. En MARTIN, J. R. & VEEL, R. (eds), *Reading Sciences*, 87–113.
- LYNCH, M. (1985). *Art and Artifact in Laboratory Science. A Study of Shop Work and Shop Talk in Laboratory*. London.
- MOKROS, J. R. & THINKER, R. F. (1986). *The impact of microcomputers- based labs on children's ability to interpret graphs*. Cambridge, MA: Unpublished manuscript, Technical Education Research Center and Harvard University.
- PADILLA, M. J., MCKENZIE, D. L. & 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), 20–25.
- PAIVIO, A. (1986). *Mental representations: A Dual Coding Approach*. New York: Oxford University Press.
- POSTIGO, 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.
- PRATT, D. (1995). Young children's active and passive graphing. *Journal of Computer Assisted Learning*, 11, 157–169.
- ROTH, W. M & 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. & MCGINN, M. K. (1997). Graphing: cognitive ability or practice. *Science Education*, 81, 91-106.

SCHNOTZ, W. & BANNERT, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representations. *Learning and Instruction*, 13, (2), 141–156.

**CUESTIONARIO SOBRE LA UTILIZACIÓN QUE HACE EL PROFESORADO
DE LAS REPRESENTACIONES GRÁFICAS USADAS EN EL AULA DE
QUÍMICA**

Nivel educativo en el que imparte clases de ciencias: -----

Titulación (del profesor):-----

Este cuestionario tiene como objetivos recolectar información sobre el uso que le da el profesorado de Química a las representaciones gráficas cartesianas en las aulas de clase y, contrastar esta información con los resultados de dos estudios ya realizados sobre las características y los usos de las representaciones gráficas incluidas en los libros de texto referidas a la Química, así como, sobre la comprensión que de ellas tienen los estudiantes. Por representación gráfica cartesiana en este cuestionario se entiende a la representación que hace uso del plano cartesiano para su construcción y que, expone las posibles relaciones existentes entre dos o más variables que intervienen en un fenómeno determinado. La información recolectada a través de este cuestionario es estrictamente confidencial y solo será utilizada dentro del marco de la investigación didáctica. Le agradecemos su colaboración.

A. Frecuencia de utilización en la práctica del aula:

Seleccione la opción de respuesta que le parezca más adecuada y márquela con una X:

1. Uso que hace en el aula de las representaciones gráficas cartesianas:

- a) Frecuentemente b) Algunas veces c) Pocas veces d) Casi nunca

2. Identificación y diferenciación de las variables que intervienen en un fenómeno o cuyo comportamiento se describe a través de una gráfica cartesiana:

- a) Frecuentemente b) Algunas veces c) Pocas veces d) Casi nunca

3. Asignación de título a una representación gráfica cartesiana o a un diagrama:

- a) Frecuentemente b) Algunas veces c) Pocas veces d) Casi nunca

4. Asignación de las variables a cada uno de los ejes de las representaciones gráficas cartesianas que describen su comportamiento en un fenómeno determinado:

- a) Frecuentemente b) Algunas veces c) Pocas veces d) Casi nunca

5. Actividades de interpolación y/o extrapolación en representaciones gráficas cartesianas:

- a) Frecuentemente b) Algunas veces c) Pocas veces d) Casi nunca

6. Determinación de la forma de covariación entre las variables relacionadas en una representación gráfica cartesiana:

- a) Frecuentemente b) Algunas veces c) Pocas veces d) Casi nunca

7. Identificación de puntos en el espacio gráfico a partir de parejas ordenadas de valores o viceversa:

- a) Frecuentemente b) Algunas veces c) Pocas veces d) Casi nunca

8. Determinación de los valores máximos y mínimos tomados por las variables o de los puntos en los cuales éstas comienzan a variar radicalmente de acuerdo a lo expuesto por una representación gráfica:

- a) Frecuentemente b) Algunas veces c) Pocas veces d) Casi nunca

9. Identificación del tipo de relación proporcional establecida entre las variables en un gráfico cartesiano:

- a) Frecuentemente b) Algunas veces c) Pocas veces d) Casi nunca

10. Formulación de una expresión algebraica que exponga de forma adecuada la relación expuesta entre las variables en una gráfica cartesiana:

- a) Frecuentemente b) Algunas veces c) Pocas veces d) Casi nunca

11. Reconocimiento de los diversos términos usados dentro de la representación gráfica como unidades, símbolos y conceptos.

- a) Frecuentemente b) Algunas veces c) Pocas veces d) Casi nunca

12. Elaboración de una síntesis conceptual a partir de la información proporcionada por una representación gráfica cartesiana:

- a) Frecuentemente b) Algunas veces c) Pocas veces d) Casi nunca

13. Elaboración de explicaciones sobre los fenómenos relacionados a partir de la información proporcionada por una representación gráfica cartesiana:

- a) Frecuentemente b) Algunas veces c) Pocas veces d) Casi nunca

14. Elaboración de predicciones sobre el comportamiento o los valores de las variables que intervienen en un fenómeno a partir de la información proporcionada por una representación gráfica cartesiana:

- a) Frecuentemente b) Algunas veces c) Pocas veces d) Casi nunca

15. Tipificación (ajuste o estandarización) de representaciones gráficas cartesianas con el fin de determinar tendencias y patrones de comportamiento en las variables que intervienen en un fenómeno:

- a) Frecuentemente b) Algunas veces c) Pocas veces d) Casi nunca

16. Interpretación simultánea de dos representaciones gráficas cartesianas relacionadas:

- a) Frecuentemente b) Algunas veces c) Pocas veces d) Casi nunca

Por favor ponga números usando el cinco (5) para la práctica o uso de mayor frecuencia o pertinencia hasta el uno para la para la práctica o uso de menor frecuencia:

17. ¿Cómo se ordenarían los siguientes tipos de representaciones gráficas cartesianas de acuerdo a la frecuencia con la que son utilizadas en clase?:

	Gráficas con líneas rectas y ajustadas
	Gráficas con líneas curvas y ajustadas
	Gráficas con líneas rectas no ajustadas

Gráficas con líneas curvas no ajustadas

Gráficas con más de una línea en el espacio gráfico

Por favor seleccione a respuesta que considere más adecuada

18. De acuerdo a su criterio, los estudiantes fallan cuando se enfrentan a tareas de interpretación de representaciones gráficas cartesianas porque:

- a) Carecen de estructuras de pensamiento de tipo lógico-formal lo cual no les permite llevar a cabo estas tareas.
- b) Carecen de habilidades para construir y para interpretar representaciones gráficas cartesianas.
- c) Carecen de los conocimientos científicos teóricos necesarios para comprender lo expuesto en las gráficas.
- d) Tiene muy poca experiencia en este tipo de tarea pues no las realizan frecuentemente en las aulas.

Si desea hacer usted algunas observaciones sobre el tema al cual está dedicado este cuestionario o sobre el cuestionario en sí, por favor no dude en hacerlas, gracias:

