

CAPACIDADES DEL ALUMNADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA PARA LA ELABORACIÓN E INTERPRETACIÓN DE GRÁFICAS

NÚÑEZ, FRANCISCO¹; BANET HERNÁNDEZ, ENRIQUE² y CORDÓN ARANDA, RAFAEL³

¹ Facultad Educación. Universidad Murcia

² Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Murcia

³ Departamento de Biología y Geología. IES Saavedra Fajardo

paconuso@um.es

ebahe@um.es

rafa.c@ono.com

Resumen. En este trabajo describimos los aspectos esenciales de la investigación realizada para averiguar si el alumnado de Educación Secundaria Obligatoria domina las habilidades que el currículo de la etapa propone en relación con uno de los contenidos procedimentales más frecuente en la enseñanza de las ciencias: la elaboración e interpretación de gráficas. Los resultados muestran que estos estudiantes cometen errores importantes al elaborar una gráfica y al resolver tareas como calcular el incremento entre dos puntos, extrapolar u obtener conclusiones, con respecto a los cuales proponemos posibles causas y algunas consideraciones educativas que podrían contribuir a mejorar su aprendizaje.

Palabras clave. Elaboración de gráficas, interpretación de gráficas, Educación Secundaria Obligatoria, Ciencias Naturales, dificultades de aprendizaje.

Secondary students' abilities to prepare and interpret graphics

Summary. In this paper we present a piece of research in which we tried to ascertain to what extent secondary school students develop the skills and abilities involved in the preparation and interpretation of graphics, generally considered to be among the most important capacities students need to acquire. Results indicate that these students show significant shortcomings in creating graphics, calculating the increase between two points, extrapolating and drawing conclusions. We discuss some reasons to account for these problems and offer some suggestions that might contribute to improvement in their learning.

Keywords. Elaboration of graphics, interpretation of graphics, compulsory secondary education, nature science, learning difficulty.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de una investigación más amplia que ha analizado las capacidades del alumnado de ESO en relación con los contenidos procedimentales en el área de las Ciencias de la Naturaleza, este artículo presenta los resultados referidos a la elaboración e interpretación de gráficas.

Hace mucho tiempo, Dewey (1916) señalaba que la enseñanza introducía leyes a edades tempranas, en el mejor de los casos con unas pocas indicaciones sobre el modo en que se ha llegado a ellas; explicando que los alumnos aprenden una ciencia en vez de aprender el modo

científico de tratar el material familiar de la experiencia ordinaria. Este autor defendía que familiarizar a los estudiantes con el método científico era más importante que el aprendizaje de conceptos; en particular para aquellos estudiantes que no llegarán a ser científicos.

Estos puntos de vista, alternativos a los defendidos por el conductismo, ponían el acento en la necesidad de que las generaciones futuras tuvieran una formación científica más adecuada, e impulsaron, a mediados del siglo xx, perspectivas educativas que ponían el acento en el aprendizaje de los procesos de la Ciencia (aprendizaje por des-

cubrimiento); orientación que generó un amplio consenso entre responsables de política educativa, diseñadores de currículos y profesores, y que tuvo importantes repercusiones en la educación científica, de lo que dan cuenta, según Hodson (1985), la elaboración de un buen número de proyectos educativos (Nuffield and Schools Council Courses, PSSC Physics, Chem Study, BSCS).

Aunque estos proyectos tuvieron el mérito de impulsar la incorporación de las estrategias que caracterizan al trabajo científico, como una dimensión muy relevante en la educación de los estudiantes, en las últimas décadas del siglo pasado, los planteamientos inductivistas de dichos enfoques educativos comenzaron a recibir críticas fundamentadas en las nuevas perspectivas epistemológicas, psicológicas y pedagógicas (ver, por ejemplo, Ausubel et al., 1983; Driver y Oldham, 1988; Hodson, 1985, entre otros), que tenían como referencias básicas, entre otras:

a) Los cambios producidos en la Historia y la Filosofía de la Ciencia, que se alejó de los planteamientos positivistas.

b) Las teorías cognitivas del aprendizaje y, en particular, los enfoques constructivistas (Ausubel et al., 1983; Driver, 1988), que han puesto de manifiesto la influencia decisiva de los conocimientos del alumnado en la construcción de nuevos aprendizajes, que motivó que en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias se hayan desarrollado numerosas investigaciones dirigidas a analizar dichos conocimientos y, aunque en menor medida, las habilidades científicas de los estudiantes, como las relacionadas con la elaboración e interpretación de gráficas.

c) El desarrollo de la noción de alfabetización científica, orientado a proporcionar a los estudiantes los conocimientos, habilidades y actitudes que les permitan comprender y saber aplicar el conocimiento científico para desenvolverse de manera adecuada en la sociedad (Vilches et al., 2004),

Considerando estos planteamientos, desde la Didáctica de las Ciencias se ha señalado repetidamente (Hodson, 1993; Jiménez y Sanmartí, 1997; Pro, 2000, entre otros) que la educación científica debe fomentar el desarrollo de habilidades relacionadas con el trabajo científico. Importancia que también se destacaba en el currículo LOGSE (MEC, 1991), en el ámbito del cual se desarrolló esta investigación, y se reconoce más indirectamente en la LOE (MEC, 2006).

Todas las clasificaciones de procedimientos realizadas (AAAS, 1970; Tamir y García, 1992; Hodson, 1992; Lawson, 1994; Pro, 1998) incluyen procesos relacionados con la transformación e interpretación de datos, de los que forman parte las representaciones gráficas, una de las formas de comunicación características de la actividad científica (Latour, 1992) y una herramienta de enseñanza fundamental para el aprendizaje de las ciencias (Leinhardt et al., 1990; Roth y Bowen, 1994), con una presencia importante en los medios de comunicación en una sociedad tan cambiante como la actual (Lemke, 2002; García y Cervantes, 2004).

Entre estos aprendizajes, resulta obvia la necesidad de que las personas adquieran lo que algunos autores han denomi-

nado «alfabetización gráfica», considerada como «el conocimiento sobre las posibilidades de mostrar información visualmente, la habilidad de comunicar información con dibujos reales, gráficos o diagramas y la habilidad para comprender los producidos por otros» (Barquero et al., 2000), capacidades que deben enseñarse en los diferentes niveles educativos (Roth y Bowen, 1994; Postigo y Pozo, 2000).

En ese sentido, en la LOGSE se hacía referencia a la capacidad de expresar y comprender mensajes científicos, potenciando la recogida de datos, su representación e interpretación, la utilización de dibujos y esquemas, los diagramas de barras y las gráficas sencillas (en primer ciclo de ESO), que progresivamente deberían dar paso a la elaboración e interpretación de gráficas más complejas y a obtener conclusiones que no deriven directamente de los datos (en segundo ciclo). Más recientemente, la LOE incorpora, como novedad importante, el desarrollo de competencias básicas, algunas de las cuales (lingüística, matemática, conocimiento e interacción con el mundo físico, tratamiento de la información, social y ciudadana...) contiene dimensiones relacionadas con la transformación e interpretación de datos (MEC, 2007; Escamilla, 2008).

Diversos trabajos de investigación muestran que los estudiantes de distintos niveles educativos tienen dificultades para elaborar gráficas de diferente complejidad, destacando errores importantes en el escalado de ejes o en la elección del tipo de gráfica más adecuado a los datos (Padilla et al., 1986; Leinhardt et al., 1990; Barquero et al., 2000); y para su interpretación: la primacía de los conocimientos y creencias del alumnado sobre la objetividad de la información (Bandiera et al., 1995; Ryder y Leach, 2000; Cook et al., 2008); la influencia del número y tipo de variables, constatándose que cuando se incluyen más de dos, o éstas son ordinales, los estudiantes hacen una interpretación superficial y en muchos casos errónea (Pozo y Postigo, 2000; Nieda et al., 2004); o al obtener información que va más allá de los propios datos, como interpolar, identificar intervalos o extrapolar (Bell y Janvier, 1981; Leinhardt et al., 1990; Craig y Smith, 1994; Swan y Phillips, 1998).

Entre las causas que justifican que los estudiantes no adquieran estas habilidades se hace referencia a sus dificultades para transferir los conocimientos matemáticos a estas formas de representación (Potgieter et al., 2008; Aberg-Bengtsson y Ottosson, 2005), a factores lingüísticos (Aberg-Bengtsson y Ottosson, 2005) y a la poca importancia que la enseñanza habitual concede a los contenidos procedimentales (Pro et al., 2007).

En particular, la investigación sobre los libros de texto ha puesto de manifiesto: que la enseñanza de las ciencias en los niveles básicos está orientada fundamentalmente al ámbito conceptual, siendo muy pocas las actividades relacionadas con la elaboración e interpretación de gráficas (Martínez y García, 2003; Pro et al., 2007); que las ilustraciones de este tipo que aparecen en ellos muestran una escasa conexión entre texto e imágenes (Perales y Jiménez, 2002; García y Perales, 2007); que la mayoría de las gráficas presentan deficiencias estructurales, tanto en el interior de las mismas como en el contexto en el cual se encuentran (García y Cervantes, 2004); y que la inten-

cionalidad con la que se incorporan en los libros de texto está mucho más relacionada con la descripción/ilustración de información que con su enseñanza y aprendizaje, como instrumento ligado al planteamiento y resolución de problemas (Tamir y García, 1992; García, 2005).

Dado que la mayor parte de las investigaciones citadas se han realizado en ámbitos conceptuales y niveles educativos muy diversos, y que generalmente se han centrado en la descripción de las dificultades de los estudiantes, nuestro trabajo ha tratado de abordar este problema desde las Ciencias de la Naturaleza y en la enseñanza secundaria obligatoria, tratando de dar respuesta a los siguientes interrogantes:

¿Dominan los alumnos de ESO las habilidades necesarias para elaborar gráficas a partir de una tabla de datos y para interpretar distintos tipos de gráficas como las que suelen incluirse en los libros de texto?

¿Existe progresión en dichas capacidades a lo largo de la ESO?

¿Cómo podemos explicar las dificultades que encuentran los estudiantes a la hora de elaborar e interpretar gráficas?

¿Cómo podemos mejorar el aprendizaje de este contenido procedimental?

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Nuestro estudio se ha centrado en tres aspectos íntimamente relacionados (figura 1): el grado de conocimiento que tienen los alumnos sobre las características y utilidad de las gráficas cartesianas que se utilizan habitualmente en la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza (correspondientes a funciones lineales), su habilidad para elaborarlas a partir de una tabla de datos y su capacidad para interpretar esta forma de representación.

Con estas premisas se diseñaron los instrumentos para la recogida de información, que fueron administrados a una muestra amplia y diversa de alumnos de ESO.

Descripción de la muestra

Para poder verificar las capacidades de los estudiantes y su progresión a lo largo de la etapa educativa, se seleccionaron tres tipos de muestra de alumnos que estaban cursando asignaturas de Ciencias de la Naturaleza:

- a) Alumnos que iniciaban la ESO.
- b) Alumnos que habían finalizado el primer ciclo de la ESO y se encontraban en tercer curso.
- c) Alumnos que habían finalizado la ESO y estaban cursando 1.º de bachillerato.

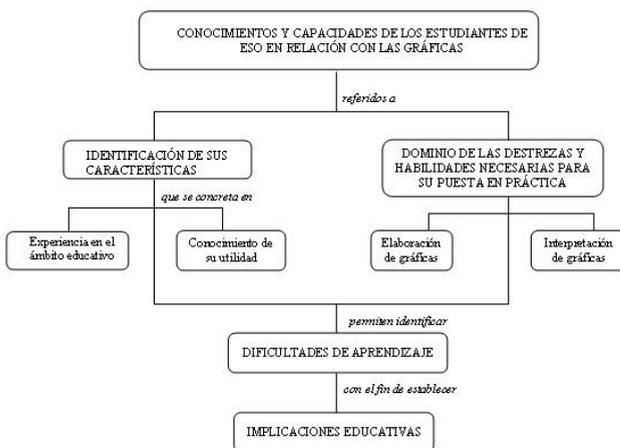
Puesto que el diagnóstico se realizó a principio de curso, los resultados mostrarían los aprendizajes adquiridos como consecuencia de la enseñanza anterior.

De los niveles citados se seleccionó una muestra de 218 estudiantes pertenecientes a seis centros educativos ubicados en diferentes localidades, y de procedencia social y económica diversa (Tabla 1), que, en conjunto, recogiera una muestra diversa del alumnado de la Región de Murcia y nos resultara de fácil acceso.

Tabla 1
Característica de la muestra.

NIVELES EDUCATIVOS	Nº. DE ESTUDIANTES
1º. ESO	81
3º. ESO	62
1º. DE BACHILLERATO	75

Figura 1
Esquema general de la investigación.



Instrumentos para la recogida de información

Al tratarse de una investigación que abarca diversos niveles educativos y una muestra amplia de estudiantes, se decidió recoger la información mediante cuestionarios –instrumentos utilizados también en investigaciones similares–, elaborados a partir de un borrador inicial sometido a varios procesos de revisión tras ser aplicado, contrastado mediante entrevistas a muestras reducidas de estudiantes y validado por profesores de secundaria en ejercicio.

Las preguntas incluidas en los cuestionarios trataban de identificar los conocimientos y habilidades científicas sobre los diferentes ámbitos de la investigación:

- a) En primer lugar, para averiguar si sabían identificar lo que es una gráfica se les pidió que pusieran ejemplos de gráficas que hubieran empleado en años anteriores y se

les preguntó cuál es la principal utilidad de esta forma de representación.

b) A continuación, para verificar su habilidad para la elaboración se solicitó a los alumnos que realizaran una gráfica a partir de una serie de datos referidos a variables conocidas (edad, peso, altura).

c) Finalmente, su capacidad para interpretar una gráfica se comprobó mediante el análisis de ejemplos de diferente complejidad.

Los cuestionarios utilizados se elaboraron teniendo en cuenta los resultados del ensayo piloto y las prescripciones curriculares. Por ello, se seleccionaron ejemplos de tablas y gráficas cartesianas referidas a contenidos estudiados en cursos anteriores y con diferente grado de dificultad en función del número de variables que incluyen: sencillas (dos variables) y complejas (tres variables). A cada uno de los cursos se plantearon las cuestiones que consideramos más asequibles (Tabla 2). Las preguntas concretas de los cuestionarios se mostrarán al describir los resultados.

En relación con la interpretación de gráficas, diferenciamos dos tipos de capacidades (Leinhardt et al.,1990; Carswell et al.,1993; Swan y Philips, 1998): información local y global. Por la primera se entiende la búsqueda de datos concretos que se pueden calcular o deducir directamente de la gráfica; por información global aquella

otra basada en un análisis más general de los datos que suministran estas formas de representación. En la tabla 3 se muestran las tareas que se solicitaron al alumnado en relación con ambos tipos de información así como el modo en que se adaptaron a la diversidad de la muestra.

Criterios para el análisis de la información

Una primera revisión de respuestas aleatorias nos permitió identificar las principales categorías que podíamos establecer en relación con cada uno de los aspectos investigados.

Con carácter general se establecieron tres categorías: conocimientos y habilidades científicas que podemos considerar adecuadas para la tarea o pregunta formulada; conocimientos y habilidades científicas inadecuadas (por ejemplo, concepciones alternativas sobre la utilidad de las gráficas, errores importantes en la elaboración e interpretación de gráficas); casos en los que los estudiantes no contestan o dan respuestas que no tienen relación con las preguntas.

Aunque la información obtenida permitiría establecer subcategorías intermedias, en particular dentro de la que denominamos inadecuada, en este primer análisis nos limitaremos a dar una visión de conjunto (principales errores o dificultades del alumnado), dejando para un trabajo posterior el estudio más pormenorizado de algunos de los resultados obtenidos.

Tabla 2
Adaptación de los cuestionarios a la diversidad de la muestra.

CURSOS	RECUERDO	EJEMPLO	UTILIDAD	ELABORACIÓN		INTERPRETACIÓN	
				Sencilla	Compleja	Sencilla	Compleja
1º. ESO	X	X	X	X		X	
3º. ESO	X	X	X	X		X	X
1º. BACH		X	X	X	X		X

Tabla 3
Tareas del cuestionario referidas a la interpretación de una gráfica.

HABILIDADES	TAREAS	1º. ESO	3º. ESO	1º. BACH
Información local	Correspondencia de valores entre ejes	X	X	X
	Interpolar	X	X	X
Información global	Incremento entre dos puntos de una línea	-	-	-
	Comparar tramos de una línea	X	X	X
	Extrapolar	X	X	X
	Poner título a la gráfica	X	X	
	Obtener conclusiones	X	X	
	Inferir la tendencia de la gráfica	X	X	
	Comparar tramos de dos líneas distintas	-	X	X
	Comparar puntos de dos líneas distintas	-	X	X

RESULTADOS

Hemos dividido este análisis en tres apartados, que se corresponden con los ámbitos de esta investigación: conocimientos sobre las características y utilidad de las gráficas y su dominio de las habilidades necesarias para la elaboración e interpretación de estas formas de representación.

Conocimientos sobre las características y utilidad de las gráficas

Los resultados obtenidos (Tabla 4) indican que, en general, los alumnos de ESO identifican las gráficas como formas de representación pero, salvo los que habían finalizado esta etapa, tienen un conocimiento poco preciso de su utilidad.

Así, cuando se les pregunta si recuerdan haber utilizado gráficas en clase y se les pide que pongan ejemplos concretos, una amplia mayoría de los alumnos de 1.º y 3.º de la ESO y la casi totalidad de los de 1.º de bachillerato responden afirmativamente y dibujan algún tipo de gráfica.

Por el contrario, una amplia mayoría de la muestra perteneciente a los primeros niveles educativos desconoce la

utilidad de las gráficas, como se deduce del alto porcentaje de los que no responden, de los que dan explicaciones poco precisas («para saber algo de lo que quieras»; «representar algo»; «ayudar a estudiar, porque es más fácil de entender») o de aquellos que confunden su utilidad con la información que suministran («para saber la altura de una persona cada año», «saber la audiencia»).

Sin embargo, al finalizar la ESO esa situación se invierte, ya que casi la totalidad de los estudiantes dan respuestas correctas y lo hacen con expresiones más elaboradas («facilitan la obtención de relaciones entre los datos y entre las variables representadas»; «facilitan la comprensión del fenómeno que se estudia»...).

Capacidades para la elaboración de gráficas

Aunque ya en los ejemplos que ponían los estudiantes se observaban algunas de las dificultades y errores que suelen cometer, se incluyeron tareas concretas dirigidas específicamente a investigar sus capacidades para elaborar gráficas (Cuadro 1): a los estudiantes de 1.º y 3.º de ESO se les planteaba una tabla sencilla (variables edad/talla), y a los de 1.º de bachillerato primero se les pedía que hicieran una gráfica con esas mismas variables y que añadieran a ésta los datos correspondientes a la variable peso.

Tabla 4
Características y utilidad de las gráficas (%).

CURSOS	EXPERIENCIA PREVIA			EJEMPLOS			UTILIDAD		
	SÍ	NO	NC	Adecuados	Inadecuados	NC	Adecuada	Inadecuada	NC
1º. ESO	69,1	29,6	1,2	67,9	1,2	30,9	3,7	3,1	64,2
3º. ESO	81,5	15,4	3,1	73,8	1,5	24,6	15,4	50,8	33,8
1º. BACH	–	–	–	94,2	1,9	3,8	86,7	12,0	1,3

Cuadro 1
Tareas propuestas para la elaboración de gráficas.

<table border="1"> <thead> <tr> <th>EDAD (años)</th> <th>TALLA (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>5</td><td>100</td></tr> <tr><td>10</td><td>125</td></tr> <tr><td>15</td><td>150</td></tr> <tr><td>20</td><td>175</td></tr> <tr><td>25</td><td>178</td></tr> <tr><td>70</td><td>175</td></tr> </tbody> </table> <p>Tabla con dos variables (sencilla)</p>	EDAD (años)	TALLA (cm)	5	100	10	125	15	150	20	175	25	178	70	175	<table border="1"> <thead> <tr> <th>EDAD (años)</th> <th>TALLA (cm)</th> <th>PESO (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>75</td><td>11</td></tr> <tr><td>5</td><td>109</td><td>20</td></tr> <tr><td>15</td><td>165</td><td>52</td></tr> <tr><td>20</td><td>175</td><td>68</td></tr> <tr><td>70</td><td>172</td><td>65</td></tr> <tr><td>80</td><td>168</td><td>62</td></tr> </tbody> </table> <p>Tabla con tres variables (compleja)</p>	EDAD (años)	TALLA (cm)	PESO (kg)	1	75	11	5	109	20	15	165	52	20	175	68	70	172	65	80	168	62
EDAD (años)	TALLA (cm)																																			
5	100																																			
10	125																																			
15	150																																			
20	175																																			
25	178																																			
70	175																																			
EDAD (años)	TALLA (cm)	PESO (kg)																																		
1	75	11																																		
5	109	20																																		
15	165	52																																		
20	175	68																																		
70	172	65																																		
80	168	62																																		

Como se refleja en la tabla 5, alrededor de las dos terceras partes del alumnado de 1.º y 3.º de ESO y algo más de la mitad de los que finalizaron esta etapa no realizan correctamente la gráfica a pesar de partir de una tabla de datos con dos variables sencillas de comprender.

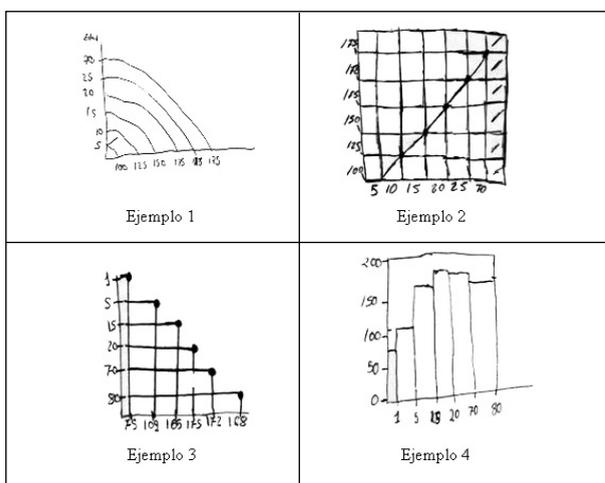
Tabla 5
Elaboración de una gráfica sencilla (%).

CURSOS	ADECUADA	INADECUADA	NO CONTESTA
1º. ESO	1,3	70,9	27,8
3º. ESO	9,7	66,1	27,4
1º. BACH	42,7	57,3	0,0

Entre los errores que suelen cometer (Figura 2), caben destacar los siguientes:

- No respetar la proporcionalidad de los valores en los ejes de coordenadas (Ejemplo 1).
- Colocar los valores de los ejes en el orden que aparecen en la tabla, aunque alguno de ellos esté repetido (Ejemplo 2).
- Dejar incompleta la gráfica, indicando solamente los puntos correspondientes a cada par de valores (Ejemplo 3).
- Utilizar un tipo de representación inadecuada a los datos, realizando un diagrama de barras en vez de una gráfica de línea (Ejemplo 4).

Figura 2
Ejemplos de gráficas sencillas realizadas por los estudiantes (categoría «inadecuada»).



El porcentaje de alumnos de 1.º y 3.º de ESO que no realizan la tarea es similar al de los que en una pregunta anterior no eran capaces de poner ejemplos de gráficas,

probablemente porque desconocen las características de esta forma de representación.

Por último, es preciso señalar la escasa progresión existente entre los estudiantes que habían finalizado la Educación Primaria y los que habían hecho lo propio con el 1.º ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria, aunque ésta es relativamente importante al compararlos con los estudiantes que habían finalizado esta etapa, ya que cabría esperar que éstos mostraran mucha más destreza y habilidad en la elaboración de gráficas sencillas.

Elaboración de una gráfica compleja

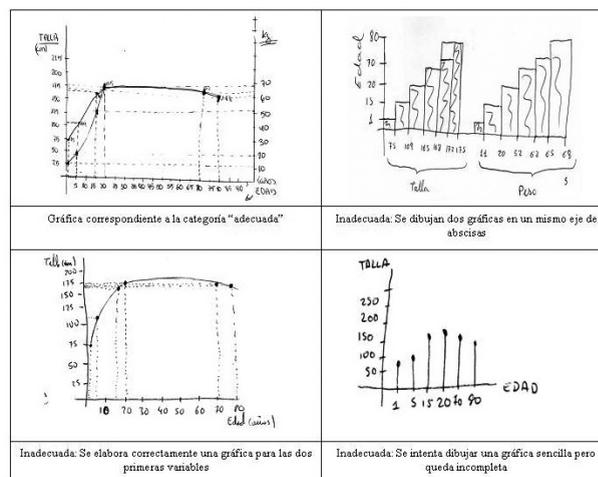
Si los estudiantes de 1.º de bachillerato muestran dificultades importantes para elaborar una gráfica sencilla, cabría suponer que éstas sean aún mayores cuando se les solicita representar además los datos de una tercera variable: aproximadamente una cuarta parte del alumnado es capaz de realizar correctamente esta tarea de mayor complejidad (tabla 6).

Tabla 6
Elaboración de una gráfica compleja (%).

CURSO	ADECUADA	INADECUADA	NO CONTESTA
1º. BACH	28,0	72,0	0,0

La mayor dificultad estriba en el modo de ubicar los datos de la tercera variable (peso): los sitúan en el eje de abscisas, a continuación de los correspondientes a la talla, o desisten de hacerlo, dibujando únicamente la gráfica sencilla (dos variables), en algunos casos con errores como los comentados en el apartado anterior (Figura 3).

Figura 3
Ejemplos de gráficas complejas realizadas por los estudiantes.



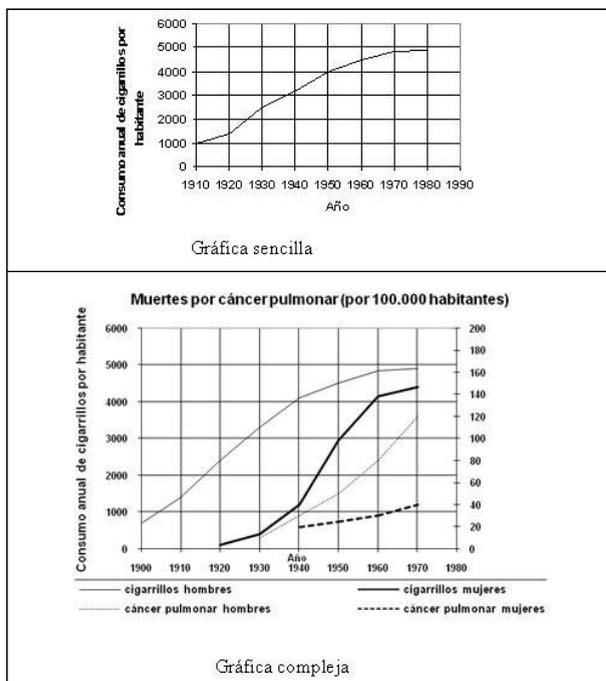
Analizando los datos globalmente se puede afirmar que las gráficas que dibujaron los alumnos de 1.º de bachillerato encuadrados en la categoría «gráficas inadecuadas» presentan diferencias cualitativas importantes con las que dibujan los alumnos de 1.º y 3.º de ESO: respetan la proporcionalidad de los valores en los ejes, suelen indicar los nombres de las variables, generalmente finalizan el dibujo de la gráfica con un diagrama lineal, etc. Lo cual demuestra que, aunque cuantitativamente no hay un progreso importante dentro de la etapa, y desde luego no se alcanzan las capacidades que propone el currículo, se han adquirido algunas destrezas básicas en la elaboración de este tipo de representaciones cartesianas que no podemos menospreciar.

Capacidad para interpretar gráficas

Para averiguar si los estudiantes eran capaces de realizar correctamente esta tarea, se propusieron situaciones asequibles desde el punto de vista conceptual (Cuadro 2), como la evolución del consumo de cigarrillos a lo largo de varias décadas (gráfica sencilla) y la relación entre éste y su incidencia en las muertes por cáncer de pulmón en hombres y mujeres (gráfica compleja). La primera fue utilizada solamente con estudiantes de 1.º y 3.º de ESO (consideramos que era innecesario hacerlo con los de 1.º de bachillerato), mientras que la compleja se empleó en los dos últimos cursos.

Nuestro análisis se centró, como señalamos anteriormente, en la obtención de información local y global.

Cuadro 2
Tareas para la interpretación de gráficas



Interpretación de una gráfica sencilla

Al pie de la gráfica que presentamos en el cuadro 2, se formularon las cuestiones que se describen a continuación, y se obtuvieron los resultados que se describen en la tabla 7. Las dos primeras se refieren a la información local:

– «En el año 1950 el consumo era de..... cigarrillos al año» (*correspondencia de valores entre ejes*). La casi totalidad de los alumnos de 1.º y 3.º de enseñanza secundaria obligatoria señalan el valor correcto (4.000).

– «En el año 1945 se consumían alrededor de..... cigarrillos al año» (*interpolación de datos*). En este caso se observan más dificultades en ambos cursos y, particularmente, en el más avanzado, sin que dispongamos de datos que puedan justificar estas diferencias. En vez de indicar el dato correcto (3.500) los estudiantes responden con los valores más cercanos a éste (por ejemplo, «3.000» o «4.000») o escriben mal dicho valor («3.050», «35.000», «350»).

En resumen, podemos señalar que los estudiantes no tienen excesiva dificultad para establecer correspondencia entre valores a partir de una gráfica sencilla, aunque como se puede apreciar, éstas son mayores a la hora de interpolar datos, dándose la circunstancia –sin justificación aparente– de que los resultados son peores en 3.º de la ESO.

Las seis cuestiones que se encontraban a continuación tenían que ver con la obtención de información global, y los resultados se reflejan en la tabla 8:

– «El aumento en el consumo desde el año 1920 al 1940 fue de..... cigarrillos al año» (*incremento entre dos puntos de la gráfica*). En este caso, alrededor del 50% de los alumnos, en vez de restar los valores, indican el dato que corresponde al año intermedio («en 1930 fueron 2.500») o buscan en el eje de coordenadas valores aproximados («2.000», «2.500», etc.), probablemente porque en vez de la correspondencia entre los valores utilizan como referencia el aumento de pendiente.

– «El mayor aumento en el consumo de tabaco se dio en los diez años comprendidos entre los años..... al.....» (*comparación de tramos de una línea*). Ésta constituye una de las tareas de mayor dificultad, pues la casi totalidad del alumnado es incapaz de responder correctamente (de 1920 a 1930), observándose errores importantes, como elegir una amplitud de años mayor que una década («10-80», «10-90», «20-90»...), calcular el mayor aumento en vez del mayor intervalo (por ejemplo, lo aplican al número de cigarrillos e indican de «5.000 a 1.000»), o confundir mayor aumento con mayor valor (escriben «70-80», «80-90», «70-90»).

– «Probablemente el consumo anual de cigarrillos en el año 1900 fue de.....» (*extrapolación*). Poco más de la mitad del alumnado tiene dificultades para realizar esta tarea, optando por aproximaciones (algunos lo hacen para 1990) o dando respuestas sin sentido (escriben «0», «1.000», «950», etc.).

Tabla 7
Obtención de información local en una gráfica sencilla (%).

CURSOS	CORRESPONDENCIA DE VALORES ENTRE EJES			INTERPOLAR		
	Adecuada	Inadecuada	NC	Adecuada	Inadecuada	NC
1º. ESO	89,9	7,6	2,5	67,1	26,6	6,3
3º. ESO	96,8	1,6	1,6	45,2	53,2	1,6

Tabla 8
Obtención de información global en una gráfica sencilla (%).

CURSOS	1.º ESO			3.º ESO		
	Adecuada	Inadecuada	NC	Adecuada	Inadecuada	NC
Habilidad						
Incremento entre dos puntos de una línea	30,4	54,4	15,2	43,5	46,8	9,7
Comprar tramos de una línea	2,5	88,6	8,9	9,7	80,6	9,7
Extrapolar	31,6	56,9	11,4	25,8	56,5	17,7
Poner título a la gráfica	1,3	79,7	19,0	4,8	75,8	19,4
Obtener conclusiones	41,8	20,2	38,0	54,4	21,4	24,2
Inferir la tendencia de la gráfica	2,5	74,7	22,8	1,6	87,1	11,3

– «Pon título a esta gráfica». Una amplia mayoría de estudiantes se limitan a dar respuestas imprecisas o poco elaboradas, en las que no nombran ninguna de las variables («gráfica de cigarrillos», «el tabaco»...), mencionan sólo una de ellas («consumo de tabaco»), o hacen referencia a las dos pero sin expresar ninguna relación entre ellas («consumo anual de cigarrillos por habitante»).

– «¿Qué conclusión puedes deducir de esta gráfica?» Casi la mitad del alumnado llega a conclusiones en las que relacionan adecuadamente las variables, demostrando tener una visión global de los datos (por ejemplo, llegan a la conclusión de que «cada vez se fuma más»); sin embargo, sólo un 20% de la muestra es capaz de obtener conclusiones parciales («que las personas no pueden dejar de fumar»; «se fuma mucho»; «lo que se consume cada año»).

– «¿Qué puedes deducir que pasará en el futuro respecto al consumo de cigarrillos?» (*inferir la tendencia de la gráfica*). En este caso, los resultados dan a entender que ésta es una de las capacidades más difíciles de adquirir. En vez de realizar predicciones lógicas, los estudiantes hacen inferencias erróneas sin ningún criterio («se fumará más»), o se limitan a proyectar ideas personales sobre el problema («que al final mucha gente morirá»; «ojalá dejen de fabricar cigarrillos», etc.).

Por otro lado, no se encuentra una clara progresión entre primero y tercero de ESO. Estas circunstancias parecen poner de manifiesto que la enseñanza no ha aprovechado la

mayor madurez cognitiva de los estudiantes para que éstos desarrollen mejores capacidades en relación con la interpretación de gráficas sencillas. En el mejor de los casos, como ocurre con las tareas «incremento entre dos puntos», «extrapolar» y «obtener conclusiones», las respuestas correctas oscilan entre el 30% y el 54%, produciéndose errores de cálculo o escasa habilidad para relacionar información.

Interpretación de una gráfica compleja

La finalidad de proponer una gráfica de mayor complejidad a 3.º de ESO y a 1.º de bachillerato (Cuadro 2) ha sido constatar en qué medida aumentan las capacidades del alumnado conforme se avanza en los niveles de la etapa. Además, pensamos que interpretar una gráfica de esta naturaleza no debería representar demasiada dificultad, dada su mayor experiencia educativa. Las preguntas referidas a la obtención de información local se encuentran en la tabla 9.

Como se deduce de los datos de la tabla 10, los estudiantes que habían finalizado el primer ciclo de la ESO manifiestan muchas más dificultades para la obtención de información local que cuando la gráfica es sencilla. Sin embargo, la progresión entre los dos cursos es evidente: los estudiantes de 1.º de bachillerato muestran mejores resultados, aunque, al contrario que los de 3.º de ESO, cometen más errores a la hora de buscar correspondencia entre valores que a la de interpolar. En general, estos errores son similares a los que hemos comentado en el apartado anterior (Tabla 9).

Cuando las preguntas se refieren a la obtención de información global (Tabla 11), los resultados obtenidos (Tabla 12) indican que, en general, la capacidad que tienen los estudiantes de 3.º de ESO y de 1.º de bachillerato es muy limitada e inferior a la que demuestran en relación con la búsqueda de información local.

En las respuestas que se han incluido en la categoría «inadecuadas» (Tabla 11), encontramos muchas similitudes con sus correspondientes en el ejemplo de gráficas sencillas, pero también diferencias que dan idea de las dificultades que encuentran los estudiantes cuando la tarea incluye la relación entre cuatro variables.

Tabla 9
Preguntas formuladas y ejemplos de respuestas (información local: categoría «inadecuada»).

HABILIDAD	PREGUNTA FORMULADA EN EL CUESTIONARIO	RESPUESTAS MÁS FRECUENTES
Correspondencia entre valores	En 1960 hubo alrededor de ... mujeres muertas por cáncer de pulmón (por cada 100.000 habitantes).	Confunden la línea de la gráfica y aluden al número de hombres muertos (80) o al consumo de cigarrillos (1.000). Escriben valores aproximados al correcto (20, 40).
Interpolar	Los hombres fumaban 4.300 cigarrillos en el año...	Se limitan a buscar un valor aproximado (1940 en vez de 1950) o se confunden de línea (por ejemplo, escriben 1960 que se refiere a las mujeres).

Tabla 10
Obtención de información local en una gráfica compleja (%).

CURSOS	CORRESPONDENCIA DE VALORES ENTRE EJES			INTERPOLAR		
	Adecuada	Inadecuada	NC	Adecuada	Inadecuada	NC
3º. ESO	40,3	54,8	4,8	38,7	59,7	1,6
1º. BACH.	62,7	29,3	8,0	82,7	14,7	2,7

Tabla 11
Preguntas formuladas y ejemplos de respuestas (información global: categoría «inadecuada»).

HABILIDAD	PREGUNTA FORMULADA EN EL CUESTIONARIO	RESPUESTAS MÁS FRECUENTES
Incremento entre dos puntos	El aumento en el consumo por los hombres fue desde el año 1920 al 1940 de ... cigarrillos al año.	Confunden el incremento con uno de los valores («El incremento ha sido de 4.100 cigarrillos anuales»), señalan valores aproximados al mayor o al menor de los dos datos (4.500, 2.000), en vez de aumento en el consumo de cigarrillos calculan el de muertes por cáncer (30).
Comparar tramos de una misma línea	El mayor incremento en el consumo de tabaco entre las mujeres se dio en la década de los años ... al ...	En vez de elegir la década de mayor pendiente indican dos décadas (40-60) o valores individuales sin criterio lógico (60, 70, 2000).
Comparar tramos de líneas distintas	En la década de los años 50 a 60, ¿qué población tuvo mayor aumento en el consumo de tabaco, la masculina o la femenina? Razónalo.	Se dan argumentos inconsistentes o poco precisos («La femenina porque consume más», «La gráfica lo muestra claramente»).
Extrapolar	Probablemente el número de muertes –en hombres– por cáncer de pulmón, por cada 100.000 habitantes, fue en el año 1980 de ...	Intentan buscar con una línea horizontal el eje de la derecha (120) en vez de seguir la tendencia de la gráfica.
Comparar puntos de dos líneas diferentes	En 1940 los hombres fumaban aproximadamente ... veces más que las mujeres	En vez de indicar número de veces, suelen referirse a cuántas unidades más (3.000) o escriben el mayor valor correspondiente al número de cigarrillos (4.000).

Tabla 12
Obtención de información global en una gráfica compleja (%).

CURSOS	3.º ESO			1.º BACH		
	Adecuada	Inadecuada	NC	Adecuada	Inadecuada	NC
Incremento entre dos puntos	32,2	58,1	9,7	48,0	48,0	4,0
Comparar tramos de una misma línea	25,8	69,3	4,8	57,3	41,3	1,3
Comparar tramos de líneas distintas	–	–	–	40,0	42,7	17,3
Extrapolar	29,0	54,8	16,1	44,0	38,7	17,3
Comparar tramos de dos líneas diferentes	4,8	24,0	71,2	36,0	21,0	43,0

Así, al calcular el incremento entre dos puntos, comparar tramos de una misma línea de la gráfica o extrapolar, es frecuente que lo hagan respecto a una variable distinta de la que se solicita. Cuando las cuestiones requieren establecer relaciones entre líneas distintas, sea para comparar tramos o puntos, además de los problemas visuales y espaciales que les dificultan valorar conjuntamente la información, los alumnos no suelen efectuar los cálculos matemáticos pertinentes a cada situación.

A pesar de las dificultades que hemos señalado, hay que destacar el acierto mostrado por buena parte de los estudiantes que habían finalizado la ESO a la hora de resolver algunas de las tareas más complejas en la obtención de información global. Por ejemplo, al comparar tramos de líneas distintas (el 40%), calculando cuantitativamente el aumento y restando («la femenina porque el aumento de 3.000 a 4.100 es mayor que el de los hombres, que fue de 4.500 a 4.900») o comparando ambas pendientes («la femenina porque la línea se encuentra más inclinada»); o cuando comparan puntos de líneas diferentes (36%) efectuando una división entre los valores correspondientes («4 veces aproximadamente»).

Lo cual significa que, aunque la mayoría de los estudiantes de 1.º de bachillerato no ha logrado desarrollar las capacidades que propone el currículo para el segundo ciclo de la etapa precedente, existe cierta progresión con respecto a los niveles anteriores.

Si comparamos los resultados de los alumnos de 3.º de ESO correspondientes a la interpretación de gráficas sencillas y complejas, observamos que en general muestran mayores dificultades en este último caso, especialmente en la obtención de información global, aunque en tareas concretas (comparar tramos de una misma línea, extrapolar) su habilidad es similar o superior a la que manifiestan en la gráfica sencilla y no dista demasiado de la que alcanzan los de 1.º de bachillerato.

En consecuencia, debemos matizar la afirmación que hicimos al referirnos a la interpretación de gráficas sencillas, en el sentido de que no apreciábamos avances entre 1.º y 3.º de ESO, pues los estudiantes de este último curso demuestran unas capacidades aceptables cuando la gráfica es de mayor complejidad.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES EDUCATIVAS

Una vez descritos los resultados, estamos en condiciones de dar respuesta a los interrogantes que habían servido de base a esta investigación, con la cautela que corresponde a un estudio limitado por las condiciones específicas que hemos señalado.

Los estudiantes de educación secundaria obligatoria no dominan las habilidades necesarias para la elaboración e interpretación de gráficas

Aunque muchos de los estudiantes reconocen haberlas utilizado y son capaces de realizar el dibujo de alguna gráfica, una amplia mayoría de los que se encuentran en 1.º y 3.º de ESO demuestran tener muchas dificultades para elaborarlas, aunque la tarea que se les plantee sea relativamente sencilla. Los estudiantes que finalizan la educación obligatoria saben explicar de forma clara su utilidad, pero también tienen dificultades para elaborar correctamente una gráfica, en particular cuando ésta presenta cierta complejidad.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Padilla y otros (1986), Leinhardt y otros (1990), y Barquero y otros (2000), en que la mayor dificultad del alumnado para elaborar una gráfica es el escalado de los ejes cartesianos; sin embargo, en nuestro caso este problema es mucho mayor: tan sólo el 2,5% de los que inician ESO, el 12,9% de los que han acabado el primer ciclo y el 34,7% de los que han finalizado esta etapa educativa elaboran la gráfica adecuadamente.

Al contrario de lo que pensábamos, las tareas de interpretación han sido resueltas con mayor acierto que las de elaboración, circunstancia que –como muestran los deficientes resultados obtenidos en esta segunda– no parece deberse al orden en el que se presentaron dichas tareas.

Como es lógico, los estudiantes tienen menos dificultades para obtener información local, capacidades que ha adquirido casi la totalidad del alumnado. Cuando se trata de información global, solamente se dan respuestas aceptables en algunas tareas concretas, como calcular el

incremento entre dos puntos, comparar tramos de una misma línea, extrapolar u obtener conclusiones. Resultados, desde nuestro punto de vista, claramente insuficientes, especialmente en alumnos que han finalizado la educación secundaria obligatoria.

En este sentido, estamos de acuerdo con la apreciación general de que a los estudiantes les resulta mucho más fácil obtener información local que información global, como muestran los trabajos de Leinhardt y otros (1990), Carswell y otros (1993), Swan y Phillips (1998) o Postigo y Pozo (2000).

También coincidimos en que los estudiantes confunden el mayor aumento (o disminución) con el mayor (o menor) valor (Bell y Janvier, 1981; Leinhardt et al. 1990) o dan el valor de un punto cuando deberían referirse a un intervalo (Leinhardt et al., 1990; Bell y Janvier, 1981; Craig y Smith, 1994); o en que tienden a confundir datos de diversas variables (Swann y Phillips, 1998). Sin embargo, existen menos coincidencias con los resultados obtenidos por Aguinaga (2002), en relación con la extrapolación de datos, así como en cuáles son las tareas más problemáticas (en su caso comparar intervalos o puntos de una misma línea de gráfica o varias de ellas y, en el nuestro, inferir su tendencia o ponerle un título).

En todo caso, no podemos perder de vista, como decíamos en la introducción, que el ámbito conceptual y los niveles educativos investigados en estos trabajos son diferentes al nuestro, y, en consecuencia, tampoco coinciden los instrumentos utilizados para la recogida de información, que obviamente pueden influir en los resultados y dificultan su comparación. Sin embargo, estamos de acuerdo en lo básico: la capacidad de los estudiantes de la educación secundaria obligatoria para elaborar e interpretar gráficas dista mucho de lo que cabría esperar y no responde a las prescripciones curriculares para esta etapa.

Resulta preocupante que un procedimiento tan fundamental para representar información, herramienta esencial en la realización de trabajos prácticos y en la interpretación de los datos obtenidos en el transcurso de una investigación escolar o en la resolución de problemas, no esté suficientemente consolidado en los niveles básicos de enseñanza.

Por otra parte, al tratarse de capacidades que tienen un carácter transversal, la falta de dominio que muestran los alumnos puede dificultar la adquisición de determinados aspectos de competencias básicas como el tratamiento de la información, el conocimiento e interacción con el mundo físico, la competencia lingüística o la competencia matemática.

La progresión de las capacidades sobre gráficas a lo largo de la educación secundaria obligatoria es, claramente, insuficiente

Si bien es cierto, como hemos ido comentando, que existe cierta progresión en relación con las capacidades

analizadas, los resultados indican claramente que las diferencias son mucho menores de lo que cabría esperar dada la mayor madurez psicológica de los estudiantes y sus experiencias educativas.

En este sentido, observamos avances importantes en cuestiones muy puntuales, como en el conocimiento de la utilidad de las gráficas que muestran los estudiantes de 1.º de bachillerato; en el desarrollo de las capacidades de una parte de alumnos de 3.º de ESO para interpretar una gráfica compleja; o en las habilidades de los que finalizan la etapa para deducir información global de una gráfica de esa misma naturaleza.

Sin embargo, muchos datos avalan la afirmación que encabeza este apartado. Por ejemplo, las dificultades del alumnado de todos los niveles para elaborar una gráfica, o la coincidencia, salvando diferencias puntuales, en aquellas tareas relacionadas con la obtención de información global que resultan más difíciles de resolver en todos los niveles (comparar tramos de una línea, poner título a la gráfica, inferir la tendencia de la gráfica, comparar tramos de líneas distintas, comparar puntos de dos líneas diferentes...).

Finalmente, otro argumento completa los anteriores: en ninguno de los casos se consiguen las capacidades que propone el currículo de la etapa. Así, en relación con el primer ciclo se espera que los alumnos sean capaces de elaborar e interpretar gráficas sencillas empleando diversos tipos de gráficas (lineal, diagrama de barras, etc.), pero los resultados obtenidos muestran que éstos tienen muchas dificultades para elaborar ese tipo de gráfica y bastantes problemas para interpretarlas adecuadamente. De forma similar, a pesar de que el currículo indica que al finalizar la etapa los estudiantes deberían hacer lo propio con gráficas más complejas, y ser capaces de obtener información que no deriva directamente de los datos, hemos constatado que estas habilidades solamente las han desarrollado un escaso número de estudiantes.

En cierto modo, podríamos decir que cada curso se encuentra –en cuanto a su dominio de este contenido procedimental– un nivel por debajo del que le corresponde: los de 1.º de ESO en los cursos intermedios de la Educación Primaria, los de 3.º de ESO como los que finalizan la etapa anterior y los de 1.º de bachillerato al nivel que se propone al acabar el primer ciclo de la ESO.

Las dificultades del alumnado para elaborar e interpretar gráficas están relacionadas con el escaso desarrollo de ciertas habilidades matemáticas y lingüísticas, así como con una enseñanza inadecuada

La elaboración e interpretación de gráficas requiere el dominio de una serie de conocimientos y habilidades matemáticas –como el cálculo, la proporcionalidad o la representación gráfica– que supuestamente se deberían haber desarrollado en las asignaturas de Matemáticas. Probablemente, la ausencia de estos aprendizajes, teóricos y prácticos, especialmente su funcionalidad en otros contextos como el científico, podrían explicar algunas

de las dificultades anteriormente comentadas en tareas como dibujar correctamente los ejes de coordenadas, utilizar el tipo de gráfica adecuado a los datos, comparar puntos y tramos de una línea, interpolar o extrapolar información.

El análisis de las respuestas de los estudiantes también pone de manifiesto un escaso dominio de las capacidades lingüísticas necesarias para comprender las preguntas que se le formulan o expresar correctamente la información que suministra una gráfica. Estas deficiencias pueden ser la causa de que los alumnos confundan conceptos (aumento o incremento con mayor valor, tramos; o intervalos con datos puntuales, etc.), o la falta de precisión a la hora de explicar la utilidad de una gráfica, ponerle un título u obtener conclusiones; capacidades que también se deben desarrollar desde la enseñanza de las ciencias.

La tercera de las causas estaría relacionada con la escasa importancia que los libros de texto dan a la enseñanza de los contenidos procedimentales en general (Rivera e Izquierdo, 1996; Jaén y García-Estañ, 1997; Bastida et al., 1999; Fernández y Gavidia, 2001; Martínez y García, 2003; Roca, 2005; Pro et al., 2007) y a la elaboración e interpretación de gráficas en particular (Tamir y García, 1992; García, 2005; García y Cervantes, 2004; García y Perales, 2007). También, con el papel que les atribuyen los profesores, porque, como ellos mismos reconocen, se ocupan fundamentalmente de los contenidos conceptuales (Banet, 2007), siendo la realización de trabajos prácticos en las clases de ciencias muy escasa (García et al., 1999; Martínez y García 2002; Cano y Cañal, 2006).

Nuestros datos, obtenidos en el marco de la investigación más amplia, que aún no han sido publicados, confirman esta situación:

a) El análisis de libros de texto del área de Ciencias de la Naturaleza, correspondientes a todos los niveles de la educación secundaria obligatoria, pone de manifiesto que las gráficas se proponen con la finalidad de completar la información teórica/conceptual, y no a facilitar la adquisición de las habilidades necesarias para su dominio, como procedimiento que forma parte de la cultura científica.

b) Las actividades que siguen el formato de los trabajos prácticos no están diseñadas ni secuenciadas para que los estudiantes puedan aprender los contenidos procedimentales en ellas implicadas.

c) Los profesores de ciencias reconocen la importancia de los contenidos procedimentales y, aunque los suelen incluir en sus programaciones didácticas, los consideran subordinados a los conceptuales. Por ello, en su enseñanza habitual predominan aquellos relacionados con la búsqueda de información o el análisis de material escrito, y son muy escasos los que implican el desarrollo de otras importantes habilidades de investigación, entre las cuales se encuentra la elaboración e interpretación de gráficas.

Además, esta falta de progresión está motivada porque la enseñanza no tiene en cuenta los criterios de continui-

dad y progresión que se proponen desde el propio currículo, desde la Didáctica de las Matemáticas (Azcárate y Deulofeu, 1990) y desde la Didáctica de las Ciencias (Pro, 1998).

El desarrollo de las capacidades necesarias para la elaboración e interpretación de gráficas requiere prestar más atención a su enseñanza, que debe llevarse a cabo en un contexto de investigación escolar

La superación de las dificultades señaladas en este artículo requiere tomar algunas decisiones sobre el modo en que se lleva a cabo la enseñanza de habilidades de investigación como la elaboración e interpretación de gráficas, que –a nuestro juicio– deberían referirse, al menos, a tres aspectos: la conveniencia de que la selección de los contenidos no se lleve a cabo de forma descontextualizada ni supeditada al conocimiento conceptual; la necesidad de diversificar los materiales didácticos, y la importancia de que la misma se enmarque en enfoques educativos basados en la investigación escolar:

– La enseñanza de las ciencias centrada en el aprendizaje de los contenidos conceptuales debería dar paso a una mirada más abierta y transversal, en la que los contenidos procedimentales ocuparan un lugar igual de importante que aquéllos y en la que se establecieran vínculos entre las diferentes áreas, en especial con las Matemáticas, dado su carácter instrumental y funcional. En ese sentido debería producirse una mayor coordinación entre el profesorado de ambas materias con el fin de establecer las pautas que mejor puedan contribuir a la enseñanza de las gráficas cartesianas a lo largo de la ESO, contextualizándolas en contenidos como los relacionados con las Ciencias de la Naturaleza y secuenciando los contenidos de acuerdo con las prescripciones curriculares y las recomendaciones que se hacen desde la Didáctica de las Matemáticas y la Didáctica de las Ciencias.

– Aprender a elaborar e interpretar gráficas cartesianas en el contexto de las Ciencias de la Naturaleza exige utilizar diversos recursos (no solamente el libro de texto, sino también los medios de comunicación y las nuevas tecnologías de la información) con diferente finalidad didáctica: más allá de ilustrar la información conceptual, es fundamental que el empleo de las gráficas tenga como referencia los resultados obtenidos como consecuencia de trabajos prácticos que resulten familiares al alumnado. Así mismo, para avanzar en la línea de la alfabetización científica y en la adquisición de competencias básicas como el conocimiento y la interacción con el mundo físico o el tratamiento de la información, es necesario que los estudiantes comprueben la funcionalidad de sus aprendizajes en situaciones de la vida cotidiana, muchas de las cuales requieren la interpretación de gráficas cartesianas.

– La enseñanza de estas habilidades de investigación debería basarse en aquellos enfoques educativos constructivistas que consideran que desde edades tempranas los estudiantes pueden iniciarse en la investigación escolar (Cañal y Porlán, 1987; Harlen, 1989; Izquierdo et

al., 1999; Sanmartí, 2002), siempre y cuando –como han puesto de manifiesto nuestros resultados– el contexto de las situaciones de aprendizaje a las que tuvieran que hacer frente los escolares fueran sencillas al principio, para ir aumentando en su complejidad, y en las que progresivamente se fuera ampliando el grado de autonomía de los estudiantes.

PERSPECTIVAS DE ESTA INVESTIGACIÓN

Señalar, finalmente, que además de analizar hasta qué punto las propuestas que acabamos de presentar resultan adecuadas, investigaciones posteriores deberían contribuir a:

– Ampliar esta mirada, de manera que preste mayor atención a la Educación Primaria, analizando las habilidades

que desarrollan los escolares durante este nivel educativo, el tratamiento que estos contenidos reciben por parte de los libros de texto, así como los puntos de vista de los maestros y maestras sobre su enseñanza, y la repercusión real que estas representaciones gráficas tienen en su práctica educativa.

– Establecer planes formativos, suficientemente intencionados, desde primaria a secundaria, que, superando las dificultades que en muchas ocasiones produce el tránsito entre estos niveles educativos, tuviera lugar en el marco de una razonable continuidad entre ellos.

– Disponer, como consecuencia de los resultados anteriores, de una información relevante a la hora de elaborar materiales didácticos que respondan a las posibilidades intelectuales y a las necesidades formativas de los estudiantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAAS (1970). *Science a process approach commentary for teachers*. AAAS: Xerox Corporation.

ABERG-BENGTSSON, L. y OTTOSSON, T. (2005). What lies behind graphics? Relating students' results on a test of graphically represented quantitative information to formal academic achievement. *Journal of Research of Science Teaching*, 43(1), pp. 1-126.

AGUINAGA, M. (2002). Un ejercicio con gráficas: un lenguaje de la ciencia. *Alambique*, 32, pp. 109-117.

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J.D. y HANESIAN, H. (1983). *Psicología educativa*. México: Trillas.

AZCÁRATE, C. y DEULOFEU, J. (1998-2004). *Guías praxis para el profesorado ESO. Matemáticas*. Barcelona: CIS-Praxis.

BANDIERA, M., DUPRÈ, F., IANNIELLO, M. G. y VICENTINI, M. (1995). Una investigación sobre habilidades para el aprendizaje científico. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), pp. 46-54.

BANET, E. (2007). Finalidades de la educación científica en secundaria: opinión del profesorado sobre la situación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), pp. 5-20.

BARQUERO, B., SCHNOTZ, W. y REUTER, S. (2000). Adolescents and adults' skills to visually communicate knowledge with graphics. *Infancia y aprendizaje*, 90, pp.71-87.

BASTIDA, M. F., RAMOS, F. y SOTO, J. (1990). Prácticas de laboratorio: ¿Una inversión poco rentable? *Investigación en la Escuela*, 11, pp. 77-91.

BELL, A. y JANVIER, C. (1981). The interpretation of graphs representing situations. *For the Learning of Mathematics*, 2(1), pp. 34-42.

BOWEN, G.M., ROTH, W.M. y MCGINN, M. (1999). Interpretations of graphs by university biology students and practicing scientists: toward a social practice view of scientific representation practices. *Journal of Research In Science Teaching*, 36(9), pp. 1020-1043.

CANO, M. y CAÑAL, P. (2006). Las actividades prácticas, en la práctica: ¿qué opina el profesorado? *Alambique*, 47, pp. 9-22.

CAÑAL, P. y PORLÁN, R. (1987). Investigando la realidad próxima: un modelo didáctico alternativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(2), pp. 89-96.

CARSWELL, C. M., EMERY, C. y LONON, A.M. (1993). Stimulus complexity and information integration in the spontaneous interpretation of line graphs. *Applied Cognitive Psychology*, 7, pp. 341-357.

COOK, M.; CARTER, G. y WIEBE, E. (2008). The interpretation of cellular transport graphics by students with low and high prior knowledge. *International Journal of Science Education*, 30 (2), pp. 239-261.

CRAIG, A. B. y SMITH, P. (1994). Assessing students' abilities to construct and interpret line graphs: disparities between multiple-choice and free-response instruments. *Science Education*, 78 (6), pp. 527-554.

DEWEY, J. (1916). *Democracia y Educación*. Madrid, Morata, 1997. (Traducción española de: «Democracy and Education. The Free Press: New York»).

DRIVER, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), pp. 109-120.

DRIVER, R. y OLDFHAM, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in Science. *Studies in Science Education*, 13, pp. 105-112.

ESCAMILLA, A. (2008). *Las competencias básicas. Claves y propuestas para su desarrollo en los centros*. Barcelona: Graó.

FERNÁNDEZ, J. J. y GAVIDIA, V. (2001). Análisis de las prácticas de laboratorio en los libros de texto de Biología. *Enseñanza de las Ciencias. Actas del VI congreso internacional sobre investigación en la didáctica de las ciencias*, pp. 309-310.

GARCÍA GARCÍA, J. J. (2005). El uso y el volumen de información en las representaciones gráficas cartesianas presentadas en los libros de texto de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(2), pp. 181-199.

GARCÍA J. J. y CERVANTES, A. (2004). Las representaciones gráficas cartesianas en los libros de texto de ciencias. *Alambique*, 41, pp. 99-109.

GARCÍA, J. J. y PERALES, F. J. (2007). ¿Comprenden los estudiantes las gráficas cartesianas usadas en textos de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), pp. 107-132.

HARLEN, W. 1989. *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Morata-MEC.

HODSON, D. (1992). Redefining and Reorienting Practical Work in School Science. *School Science Review*, 73(264), pp. 65-78.

HODSON, D. (1993). Philosophic stance of secondary school science teachers, curriculum experiences, and children's understanding of science: some preliminary findings. *Interchange*, 24(1&2), pp. 41-52.

HODSON, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, 12, pp. 25-57.

IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N. y ESPINET, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 1999, 17(1), pp. 45-59.

JAÉN, M. y GARCÍA-ESTAÑ, R. (1997). Una revisión sobre la utilización del trabajo práctico en la enseñanza de la Geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5(2), pp. 107-116.

JIMÉNEZ, M. P. y SANMARTÍ, N. (1997). ¿Qué ciencia enseñar?: objetivos y contenidos en la educación secundaria, en Del Carmen, L. (coord.). *La enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza en la Educación Secundaria*. Barcelona: ICE/Horsori.

LATOUR, B. (1992). *Ciencia en acción. Como seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*. Barcelona: Labor.

- LAWSON, A. E. (1994). Uso de los ciclos de aprendizaje para la enseñanza de destrezas de razonamiento científico y de sistemas conceptuales. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp. 165-187.
- LEINHARDT, G., ZASLAVSKY, O. y STEIN, M.K. (1990). Functions, Graphs, and Graphing: tasks, learning, and teaching. *Review of Educational Research*, 60(1), pp. 1-64.
- LEMKE, J. L. (2002). Enseñar todos los lenguajes de la ciencia: palabras, símbolos, imágenes y acciones, en Benlloch, M. (coord.). *La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica*. Barcelona: Paidós.
- MARTÍNEZ, C. y GARCÍA, S. (2003). Las actividades de primaria y ESO incluidas en los libros escolares. ¿Qué objetivos persiguen? ¿Qué procedimientos enseñan? *Enseñanza de las Ciencias*, 2 (2), pp. 243-264.
- MEC, 1991. Real Decreto por el que se establecen las Enseñanzas Mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. *B.O.E. de 26-6-91*. Madrid.
- MEC (2006). Ley Orgánica de Educación 2/2006 de 3 de mayo. *B.O.E. de 4 de mayo de 2006*. Madrid.
- MEC (2007). Real decreto por el que se establecen las enseñanzas mínimas de Educación Secundaria Obligatoria. *B.O.E. de 5 de enero de 2007*, Madrid.
- NIEDA, J., CAÑAS, A. y MARTÍN-DÍAZ. (2004). *Actividades para evaluar Ciencias en Secundaria*. UNESCO: Visor/Cátedra.
- PADILLA, M. J., MCKENZIE, D. L. y SHAW, E. L. (1986). An examination of the line graphing ability of students in grades seven through twelve. *School Science and Mathematics*, 86(1), pp. 20-26.
- PERALES, F.J. y JIMÉNEZ, J.D. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), pp. 369-386.
- POSTIGO, Y. y POZO J. I. (2000). Cuando una gráfica vale más que 1.000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. *Infancia y Aprendizaje*, 90, pp. 89-110.
- POTGIETER, M., HARDING, A. y ENGELBRECHT, J. (2008). Transfer of algebraic and graphical thinking between mathematics and chemistry. *Journal of Research and Science Teaching*, 45 (2), pp. 153-271.
- PRO, A. (1998). ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en clases de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), pp. 21-41.
- PRO, A. (2000). La construcción social de la ciencia; implicaciones en el diseño de una propuesta de enseñanza y en la elaboración de instrumentos de análisis y de evaluación del aprendizaje. *XIX Encuentros de didáctica de las ciencias experimentales*. Madrid.
- PRO, A., SÁNCHEZ, G. y VALCÁRCEL, M. V. (2008). Análisis de los libros de texto de Física y Química en el contexto de la reforma LOGSE. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(2), pp. 193-210.
- RIVERA, L. e IZQUIERDO, M. (1996). Presencia de la realidad y la experimentación en los textos escolares de ciencias. *Alambique*, 7, pp. 117-122.
- RYDER, J. y LEACH, J. (2000). Interpreting experimental data: the views of upper secondary school and university science students. *International Journal of Science Education*, 22 (10), pp. 1069-1084.
- ROCA, M. (2005). Cuestionando las cuestiones. *Alambique*, 45, pp. 9-17.
- ROTH, W-M y BOWEN, G.M. (1994). Mathematization of experience in a grade 8 open-inquiry environment: an introduction to the representational practices of science. *Journal of research in Science Teaching*, 31(3), pp. 293-318.
- ROTH, W-M. y BOWEN, G.M. (2001). Professionals read graphs: a semiotic análisis. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32(2), pp. 159-194.
- ROTH, W-M. y MCGINN, M.K. (1997). Graphing: Cognitive Ability or Practice. *Science Education*, 81(1), pp. 91-106.
- SANMARTÍ, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis.
- SWAN, M y PHILLIPS, R. (1998). Graph interpretation skills among lower-achieving school leavers. *Research in Education*, 60, pp. 10-20.
- TAMIR, P. y GARCÍA, M.P. (1992). Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de texto de ciencias utilizados en Cataluña. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), pp. 3-12.
- VILCHES, A., SOLBES, P. y GIL, D. (2004). Alfabetización científica para todos contra ciencia para futuros científicos. *Alambique*, 41, pp. 89-98.

[Artículo recibido en enero de 2009 y aceptado en mayo de 2009]

Secondary students' abilities to prepare and interpret graphics

NÚÑEZ, FRANCISCO¹; BANET HERNÁNDEZ, ENRIQUE² y CORDÓN ARANDA, RAFAEL³

¹ Facultad Educación. Universidad Murcia

² Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Murcia

³ Departamento de Biología y Geología. IES Saavedra Fajardo

paconuso@um.es

ebahe@um.es

rafa.c@ono.com

Summary

The study reported in this paper was aimed at analysing secondary school students' skills in the elaboration and interpretation of graphs in the context of science activities. Its theoretical framework is based on constructivist epistemological, psychological and pedagogical assumptions as well as on the notion of scientific literacy, which, according to some scholars, should be one of the main educational objectives at this stage.

We have specifically tried to ascertain students' progression (if any) in the elaboration and interpretation of graphs, the main difficulties they experienced and the causes of those difficulties with a view to proposing some ideas to improve the skills involved.

The 218 students participating in the study were given a questionnaire which included a number of tasks covering a whole range of skills related to the elaboration and interpretation of graphs. These tasks were adapted to the different academic levels of the students and distinguished between simple and complex graphs as a function of the number variables and the conceptual difficulty involved.

The results indicated that most students had some recollections of having used graphs at some point in their school life and that they were able to provide examples of their use. However, their knowledge of what graphs are used for was not very precise, as shown by the difficulties experienced in their elaboration and interpretation:

-Simple graphs were elaborated by 1.3% of the students in the 1st year of secondary education (age range 12-13), by 9.7% of those in the 3rd year (age range 14-15), and by 42.7% of those in the first year of bachillerato (age range 16-17). Complex graphs were restricted to the latter group, only 28% of these students were able to complete them. In both types of graphs most mistakes were related both to the scaling of the axes (either not having into account the proportionality of values or placing them in a disordered way in relation to the reference table) and to plotting (either not linking points or not selecting the adequate type of graphs).

-The percentage of students who was able to obtain local information from a graph was very high if this information was related to well known values (i.e., the relationship between the cigarette consumption and the number of deaths for lung cancer): 89.9% in the first year of secondary and 96.8% in the third year, if students were asked to establish some correspondence between values; but 67.1% and

45.2%, respectively, if asked to interpolate. When the number of variables related to the same supposition is increased (complex graphs), these percentages fall sharply among 3rd year secondary students (40.3% for correspondence of values, and 38.7% for interpolation), but these percentages may be regarded as acceptable among 1st year bachillerato students (62.7% and 82.7%, respectively).

-In contrast, students showed a greater number of difficulties when trying to infer global information from the data. In simple graphs, most errors occurred when students were supposed to compare two sections in one line (88.6% in 1st year secondary and 80.6% in third year), infer the tendency in the graph (74.4% in 1st year and 87.1% in third year) or give it a title (79.7% and 75.8%, respectively). In the case of complex graphs, most difficulties occurred when comparing different sections within the same line (69.3% of mistakes among 3rd year students, and 41.3% among those of 1st year bachillerato), calculating the increase between two points (58.1% among 3rd year secondary students and 48% among those in 1st year bachillerato) and extrapolating (54.8% in 3rd year, and 38.7 in 1st year bachillerato).

The results indicate that there is hardly any progression among the students at the different school levels. Especially relevant are the difficulties experienced by 1st year bachillerato students when elaborating and interpreting complex graphs, in spite of the fact that this task should in principle be quite accessible to them, given their greater capacity and educational experience as compared to the student at the other levels.

Some reasons for these results are related to the fact that the mathematical and linguistic abilities are necessary for the correct elaboration and interpretation of graphs are underdeveloped among students. Although these abilities are generally included in the curricula of experimental science subjects, they are not given due attention because the implementation of these subjects in the school has traditionally been more oriented toward the teaching of concepts.

These difficulties could be overcome through a new approach to the teaching of scientific skills which encourages a greater integration of the subject matter, the diversification of resources and activity types normally used, and above all the implementation of methodological changes to encourage pupils to do research projects within schools.

Key words

Elaboration of graphs, interpretation of graphs, compulsory secondary education, nature science, learning difficulties.