

¿Cómo usan y comprenden los gráficos los estudiantes universitarios?

How do university students comprehend and use graphs?

Yolanda Postigo, María Puy Pérez Echeverría y Cristina Marín Oller
Universidad Autónoma de Madrid

Resumen

Muy pocos trabajos se han centrado en el análisis de cómo los estudiantes universitarios utilizan los gráficos de forma epistémica. El objetivo del presente estudio ha sido analizar la capacidad de estudiantes universitarios de psicología tanto de interpretar gráficos similares a los que utilizan habitualmente, como de seleccionar los gráficos que mejor se adecúan a determinados resultados de una investigación. Además se han analizado las diferencias según la demanda de la tarea (selección /interpretación de gráficos), el tipo de contenido presentado (psicológico/no psicológico) y la complejidad de los gráficos. Los resultados muestran que, en general, los estudiantes cuentan con habilidades suficientes para seleccionar los gráficos para la presentación de datos experimentales o para elaborar conclusiones a partir de la interpretación de los mismos, aunque apenas utilizan de forma epistémica estas habilidades. Estas habilidades parecen estar influidas por la complejidad de las tareas y se aplican de forma similar a los dos contenidos utilizados, tanto en las tareas de selección como en las de interpretación.

Palabras clave: Gráficos cartesianos, alfabetización gráfica, niveles de análisis, selección de gráficos, interpretación de gráficos.

Abstract

Few studies on graphs comprehension have focused on how students use graphs in an epistemic way. The aim of this study was to analyze the capacity of university students of Psychology to interpret data presented in graphs similar to the ones they normally use, as well as to select the most appropriate graph for a given result. Differences in execution were analyzed according to the task demand (selection/interpretation), the type of content (psychological-non psychological) and the complexity of the graphs. Results show that, in general, students have enough abilities to select the adequate graph for the presentation of empirical data, as well as for the elaboration of conclusions based on the information provided by a graph. However, the epistemic use of these abilities was poor and limited, and seemed to be related to the complexity of the task. These abilities were applied in a similar way to both, psychological-non psychological contents, and either in selection or in interpretation tasks.

Keywords: Cartesian graphs, graphicacy, level of analysis, selection of graphs, interpretation of graphs.

Agradecimientos: La realización de este artículo ha sido posible gracias a un proyecto financiado por el Ministerio Español de Ciencia e Innovación EDU2010-21995-C02-01.

Correspondencia con las autoras: Facultad de Psicología. C/ Iván Pavlov, 6. Campus de Cantoblanco. 28049. Madrid.
E-mail: yolanda.postigo@uam.es

Introducción

Los gráficos son un medio de comunicación privilegiado en las ciencias sociales que se complementa con informaciones presentadas con otros sistemas notacionales, casi siempre de tipo textual. Gran parte de las materias, lecturas, presentaciones teóricas e investigaciones que analizan los estudiantes universitarios se presentan con el formato de gráficos. Esto exige que estos estudiantes sean capaces de leer e interpretar diferentes informaciones presentadas gráficamente, de contrastar, combinar y completar esta información con la proveniente de otras fuentes, así como de construir gráficos. De ahí que el objetivo principal de este estudio sea analizar su capacidad para leer e interpretar gráficos e inferir consecuencias a partir de datos presentados gráficamente.

Al igual que otros sistemas externos de representación, los gráficos, representaciones a medio camino en el continuo icónico-arbitrario (Shah, Freeman y Vekiri, 2005), poseen elementos sintácticos, semánticos y estructurales, muchos de ellos implícitos y no evidentes para el lector que necesitan ser enseñados y aprendidos; sobre todo si pretendemos que los estudiantes hagan un uso epistémico de estos sistemas y les sirvan no sólo para analizar datos (Kosslyn, 1989, 2006), comunicar (Leinhardt, Zaslavsky y Stein, 1990) o recibir conocimiento sino también para aprender por medio de ellos (Pérez Echeverría, Postigo, López Manjón y Marín, 2009; Pérez Echeverría y Scheuer, 2009). Estos sistemas tienen su propia sintaxis y sus propias restricciones que delimitan el significado representado y tanto el lector como el constructor de gráficos debe conocerlas con el fin de comprender o hacer comprensible la información que están tratando (Martí, 2003; Pérez Echeverría, Pecharromás y Postigo, 2007; Pérez Echeverría, Postigo y Pecharromás, 2009; Pérez Echeverría y Scheuer, 2009). En otras palabras, las personas necesitamos cierto nivel de alfabetización gráfica (*graphicacy*) (Balchin, 1970, 1972; Balchin y Coleman, 1965; Boardman, 1983) o capacidad para leer, comprender y usar la información transmitida mediante imágenes. Utilizando las palabras de Barquero, Schnotz y Reuter (2000), podemos interpretar la alfabetización gráfica como *alfabetización visual* (*visual literacy*) y, como cualquier otro tipo de alfabetización, requiere de procesos de instrucción para que podamos utilizarla como medio de aprendizaje o epistemológico. Este uso epistémico de los gráficos supondría traspasar ese nivel de *alfabetización gráfica* (*graphicacy*) y adquirir lo que Roth, Pozzer-Ardenghi y Han (2005) denominan *critical graphicacy*, que, en último término, supone una manera de interrogar a los gráficos, lo cual implica ir más allá de su interpretación para darles un significado en un contexto y con un contenido determinado.

El objetivo de esta investigación es analizar qué habilidades de comprensión gráfica tienen los

estudiantes universitarios de psicología, así cómo estudiar algunos factores que pueden influir en cómo interpretan y dan sentido a los gráficos cartesianos. Pero antes de describir nuestra investigación repasaremos brevemente algunos aspectos de los trabajos realizados en esta área.

Existen bastantes trabajos sobre el aprendizaje y la utilización de las representaciones gráficas, con diferentes objetivos y métodos de investigación lo cual dificulta la existencia de un marco general común (véase Friel, Curcio y Bright, 2001; Pérez Echeverría, Postigo y Marín, 2010; Shah *et al.*, 2005). No obstante, buena parte de estos trabajos se han dedicado a analizar los procesos de percepción e interpretación de los gráficos desde un punto de vista sintáctico, sin hacer mención al contenido que representan los mismos, al contexto o a factores de aprendizaje (por ejemplo, Carswell, Emery y Lonon, 1993; Hollands y Spence, 1992; Kosslyn, 1989, 2006; Simkin y Hastie, 1987, Shah *et al.*, 2005). Frente a estos modelos, que han encontrado cómo las características propias de los gráficos (número y tipo de variables, relación matemática entre ellas) y de su presentación (tipo de leyenda, barras, líneas) influyen en la dificultad de su interpretación, otros trabajos incluyen el grado de conocimiento de la persona que interpreta el gráfico tanto sobre el contenido como sobre las propias características de los gráficos, el contexto y los objetivos de la tarea con los que se usan los gráficos. Estos estudios consideran la comprensión gráfica como un continuo, distinguiendo diversos niveles o formas de análisis, procesamiento o interrogación (*questioning*) por parte del lector que se enfrenta a ella (Bertin, 1983; Friel *et al.*, 2001; Pérez Echeverría, Postigo y Pecharromás, 2009; Postigo y Pozo, 2000, 2004; Schnotz, 1993).

Así, Roth y Bowen (2003) señalan la importancia del factor contenido mostrando que la pericia en la comprensión de gráficos en un *contenido* determinado (un campo específico de la ecología) no se transfiere automáticamente a otros campos (a otros campos de la ecología). Los lectores expertos leen determinados significados y tendencias extraídas de los gráficos que sin un conocimiento profundo del contenido del dominio al que pertenecen no podrían lograr. Sin embargo hay que señalar que es difícil discriminar entre los efectos del conocimiento de las convenciones o aspectos sintácticos del gráfico y los efectos del conocimiento conceptual, ya que en casi todos los expertos estos dos conocimientos correlacionan. Por ello, aunque el primer tipo de conocimiento no lo analizaremos en esta investigación (véase Pérez Echeverría, Postigo y Pecharromás, 2009, sobre las habilidades en universitarios para traducir la información entre diferentes formatos), una de las variables que estudiaremos es la influencia del contenido en la comprensión de gráficos en estudiantes universitarios, comparando su actuación en la interpretación y selección de gráficos enmarcados en problemas de investigación de dos dominios distintos.

Por tanto desde las propuestas que distinguen diversos niveles de interpretación gráfica y de acuerdo con Postigo y Pozo (2000), podríamos decir que el procesamiento de la información realizado por los expertos se sitúa en el nivel conceptual, o en la terminología de Curcio (1987) que los expertos *leen más allá de los datos*. Diversos autores (Friel et al., 2001; Gabucio, Martí, Enfechaque, Gilabert & Konstantinidou, 2010; Pérez Echeverría, Postigo y Pecharromán, 2009; Postigo y Pozo, 2000) sugieren tres niveles de procesamiento o interpretación de los gráficos que suponen diferentes niveles de progreso en su comprensión. Estos niveles se dan también en el aprendizaje y la comprensión de otros sistemas representacionales (por ejemplo, mapas, Lowe, 1993; Postigo y Pozo, 2004; notaciones musicales, Bautista y Pérez Echeverría, 2008; Bautista, Pérez Echeverría, Pozo y Brizuela, 2009; Marín Oller, Pérez Echeverría y Hallam, 2009). Las características de estos niveles serían las siguientes:

El *primer nivel* está centrado en *leer los datos* más sobresalientes sin atender apenas a otros elementos del gráfico (Curcio, 1987; Friel et al., 2001; Gabucio et al., 2010). Este nivel de lectura y comprensión se ha denominado explícito (Postigo y Pozo, 2000, 2004) o factual (Pérez Echeverría, Postigo y Pecharromán, 2009) y supone el análisis más superficial del gráfico. En este nivel el lector sólo se fija en hechos o elementos aislados directamente perceptibles (título, tipo y número de variables, algunos valores de las variables,...).

El *segundo nivel* supone *leer entre los datos* (Curcio, 1987; Gabucio, et al., 2010), permite ir más allá de la lectura de elementos aislados y supone identificar tendencias en las relaciones inter e intravariabes del gráfico. Por tanto implica un alto grado de conocimiento de las convenciones gráficas y más procesos de inferencia que el nivel anterior, permitiendo la expresión de algunas relaciones entre valores y variables. Este nivel se ha denominado sintáctico o implícito debido a que necesita un conocimiento de las reglas “gramaticales” del sistema que no están presentadas de manera explícita en el gráfico (Pérez Echeverría, Postigo y Pecharromán, 2009; Postigo y Pozo, 2000, 2004).

El *tercer nivel* implica una *lectura más allá de los datos* (Curcio, 1987; Gabucio, et al., 2010). Está centrado en las relaciones conceptuales basadas en un análisis estructural del gráfico que permite dar sentido y significado a la información presentada para hacer inferencias, predicciones y explicar las relaciones representadas. Este nivel se denomina conceptual (Pérez Echeverría, Postigo y Pecharromán, 2009; Postigo y Pozo, 2000, 2004) y requiere un conocimiento profundo tanto de las representaciones gráficas como del contenido o materia específica al que hace referencia, así como una integración de estos conocimientos con los objetivos de la tarea y el contexto en que se produce.

Sin embargo, tanto nuestras observaciones

informales como profesores, como los datos de algunas investigaciones con estudiantes universitarios no parecen mostrar que tengan una gran habilidad para leer, interpretar, comunicar o aprender por medio de gráficos (Friel et al., 2001; Gagatsis y Shiakalli, 2004; Pérez Echeverría, Postigo y Pecharromán, 2009). Aunque, tal y como hemos señalado anteriormente, es necesario investigar en qué medida esto se debe a un escaso conocimiento de las convenciones de los gráficos o a su conocimiento sobre el dominio al que hace referencia el gráfico o una combinación de ambos. Por otro lado, parece que la actividad en las aulas universitarias apenas dedica tiempo a los gráficos estadísticos, o a presentaciones diferentes de las textuales, por lo cual no es de extrañar que los alumnos apenas presten atención a los datos presentados gráficamente ni los relacionen con otro tipo de informaciones (Pérez Echeverría, Postigo, López Manjón y Marín, 2009). En uno de nuestros primeros estudios sobre aprendizaje de gráficos con alumnos de secundaria y bachillerato, encontramos que en términos generales la interpretación que hacían de los gráficos era principalmente de carácter superficial, con un predominio del primer nivel (factual o explícito) frente a los otros dos niveles (sintáctico y conceptual), pero al mismo tiempo con una mayor interpretación sintáctica que de nivel conceptual (Postigo y Pozo, 2000). Sin embargo, este estudio también planteaba dos datos interesantes. Por un lado, el nivel conceptual, aunque era escaso, era mayor en los alumnos de bachillerato que en los de secundaria. Por otro lado, en el estudio se ponían de relieve distintos tipos de pericia implicados en el aprendizaje de gráficos: pericia relacionada con el contenido representado, con el conocimiento de su sintaxis y/o con la cuantificación de la información.

Posteriormente realizamos un estudio con estudiantes universitarios en el que analizábamos sus habilidades para traducir la información a distintos formatos y el tipo de inferencias realizadas (Pecharromán, 2005; Pérez Echeverría, Pecharromán y Postigo, 2007; Pérez Echeverría, Postigo y Pecharromán, 2009). En este trabajo, pedíamos a universitarios de psicología que tradujeran los datos presentados bien de manera textual, de manera gráfica o en forma de expresión algebraica a los otros dos formatos. Posteriormente se les realizaban preguntas tanto sobre los datos específicos como sobre el significado de los datos expuestos relacionado con contenidos psicológicos elementales sobre los que habían sido instruidos a lo largo de sus estudios. Las tareas empleadas eran muy sencillas debido a que en su diseño tratamos de facilitar las traducciones a formatos algebraicos. Este aspecto pudo ayudar a los buenos resultados obtenidos en las interpretaciones factuales y sintácticas y a que hiciera más difícil la generalización y la relación con conceptos psicológicos (interpretaciones conceptuales). Por este motivo, en el presente estudio hemos utilizado investigaciones y gráficos, extraídos de libros de texto de psicología, escogidos en función de su

complejidad y cuyo contenido era conocido por los estudiantes.

El objetivo general de este estudio, por tanto, ha sido analizar la lectura e interpretación de gráficos cartesianos por parte de estudiantes universitarios así como estudiar algunas de las variables que pueden influir en la forma en que los estudiantes abordan los gráficos. De este modo nuestros objetivos específicos son estudiar:

- 1) Demanda de la tarea. Analizar las posibles diferencias entre dos tareas con los gráficos: seleccionar el gráfico más adecuado para representar unos datos e interpretar un gráfico específico, siempre en el contexto de una investigación.
- 2) Características de la representación gráfica y complejidad de los datos. Analizar la dificultad relativa de diferentes elementos del gráfico: número, tipo de variables y relaciones entre las variables.
- 3) Conocimiento sobre el contenido. Estudiar su posible influencia en la lectura e interpretación de los gráficos analizando si el conocimiento sobre el contenido influye en sus respuestas y en su nivel de interpretación, para lo cual comparamos tareas con dos contenidos distintos (psicológico y no psicológico).

Método

Participantes

La muestra estuvo compuesta por 80 estudiantes universitarios de 2º curso de Psicología. Todos ellos habían sido instruidos en estadística descriptiva e inferencial, así como en los contenidos psicológicos de los problemas presentados en el experimento. El grupo de participantes fue aleatoriamente dividido en cuatro subgrupos, cada uno de los cuales estaba compuesto por 20 estudiantes, de acuerdo con las distintas condiciones experimentales caracterizadas en función del contenido de la tarea (psicológico- no psicológico) y del tipo de tarea (Selección-Interpretación) que tenían que resolver.

Materiales y tareas

Las tareas consistían en la solución de cuatro problemas gráficos presentados por medio de un cuestionario escrito. Cada uno de estos problemas variaba en función del número de variables representadas, el tipo de variables y la relación entre ellas. Así, ordenados de menor a mayor complejidad, el primer problema presentaba una variable categorial, el segundo problema una variable continua, el tercero dos variables sin interacción y el

cuarto dos variables con interacción (véase anexo).

Los cuatro problemas originales fueron extraídos de libros de texto de psicología de las materias aprendizaje, condicionamiento, memoria y personalidad (problemas con contenido psicológico). Todos ellos mostraban los resultados de diferentes investigaciones. De forma paralela, utilizando los mismos gráficos, se elaboraron cuatro problemas sobre los efectos de determinados tratamientos en la salud (tabaquismo, colesterol y obesidad) (problemas con contenido no psicológico). De esta forma teníamos dos tipos de problemas que variaban entre sí en función del contenido que representaban los gráficos, más o menos cercano al ámbito de especialidad de los participantes, la psicología.

A su vez para cada uno de los dos contenidos diseñamos dos tipos de tareas con distinta demanda: una tarea de interpretación y una tarea de selección. En la tarea de interpretación presentábamos a los estudiantes los textos y gráficos de investigaciones extraídas de los manuales (o su versión paralela sobre salud) sin presentar las conclusiones y pedíamos a los estudiantes que elaborasen ellos las conclusiones de la investigación. En la tarea de selección los textos presentados a los estudiantes mostraban los objetivos de la investigación y sus resultados, junto con cinco representaciones gráficas distintas. Los estudiantes debían elegir entre ellas cuál se ajustaba mejor a los datos.

Estos cinco gráficos correspondían al gráfico original presentado en el libro de texto (a la que en los resultados denominaremos "gráfico correcto") y cuatro alternativas diferentes que fueron diseñadas para ambos contenidos (psicológico y no psicológico) con las características siguientes:

Tipo 1 (T1) - Los datos se presentaban en un formato gráfico diferente del original. Se presentaban por medio de barras cuando el original tenía un formato de líneas y viceversa (por medio de líneas cuando el original tenía un formato de barras).

Tipo 2 (T2) - Para los problemas con una sola variable (problemas 1 y 2), los gráficos presentaban una representación teórica o ideal, es decir, presentaban las mismas tendencias que el gráfico original pero se eliminaba la variabilidad propia de un experimento real. En los casos de los problemas con dos variables (problemas 3 y 4) no era posible mostrar esta tendencia por lo que se presentaba el mismo gráfico original con la salvedad de que las etiquetas de los niveles de la variable representada en el cuerpo del gráfico y en la leyenda se presentaban invertidas.

Tipo 3 (T3) - Los gráficos presentaban unos datos con tendencias distintas, pero no contrarias, a la del gráfico original.

TAREA	CONTENIDO		Total
	PSICOLÓGICO	NO PSICOLÓGICO	
SELECCIÓN	Selección-Psicológico N= 20	Selección-No Psicológico N=20	N selección = 40
INTERPRETACIÓN	Interpretación-Psicológico N=20	Interpretación-No psicológico N=20	N interpretación = 40
Total	N psicológico = 40	N no psicológico = 40	N total = 80

Tabla 1: Distribución de los subgrupos por tareas y contenido.

Tipo 4 (T4) - Los gráficos presentaban los datos contrarios a los del gráfico original.

Las cinco opciones de respuesta dentro de cada problema fueron contrabalanceadas para impedir efectos de orden en la selección.

Por tanto, teníamos cuatro tipos de cuestionario, dos con problemas con contenido psicológico y dos con problemas con contenido no psicológico, y dentro de cada uno de ellos un cuestionario presentaba tareas de selección y el otro, tareas de interpretación.

Procedimiento

La mitad de la muestra resolvió los problemas con contenido psicológico y la otra mitad con contenido no psicológico. Además dividimos a los estudiantes en dos subgrupos en función de las demandas del cuestionario. De tal manera que cada participante completó un único cuestionario (selección o interpretación) sobre un único contenido (psicológico o no psicológico) (véase Tabla 1).

En los cuatro cuestionarios los cuatro problemas se presentaron siempre en el mismo orden, es decir, ordenados de menor a mayor complejidad. Los cuestionarios se aplicaron colectivamente en sus aulas habituales. No había ninguna restricción en cuanto al tiempo disponible para su realización. Los participantes emplearon una media de 45 minutos en completarlos.

Diseño y criterios de análisis

El estudio tiene un diseño factorial (2 x 2 x 4) con cuatro grupos experimentales, cada uno de los cuales estaba formado por 20 participantes. Utilizamos tres variables independientes: 1- *Tipo de tarea* (intersujeto con dos niveles: selección de gráficos e interpretación de gráficos.); 2- *Contenido de los problemas* (intersujeto con dos niveles: contenido psicológico y contenido no psicológico) y 3- *Dificultad del problema* (intrasujeto con cuatro

niveles: problema 1, problema 2, problema 3 y problema 4).

La variable dependiente era el rendimiento de los participantes evaluado en función de los dos tipos de tarea de la siguiente forma:

a) En las tareas de selección contabilizamos el porcentaje de respuestas correctas (gráfico correcto u original) así como de los otros cuatro tipos de respuesta en los problemas. Los cinco tipos de respuestas fueron categorizados adjudicándoles una calificación distinta del 1 al 5: puntuación 5 (respuesta correcta), puntuación 4 (respuesta T1), puntuación 3 (respuesta T2), puntuación 2 (respuesta T3) y puntuación 1 (respuesta T4).

b) En las tareas de interpretación, evaluamos el porcentaje de respuestas incorrectas y los diferentes niveles de análisis de los gráficos en los problemas. La categorización del nivel de análisis se realizó de manera excluyente a partir de los tres niveles de comprensión descritos en la introducción. De tal manera que consideramos las cuatro categorías siguientes, a las que, al igual que en las tareas de selección, se les adjudicó una calificación distinta del 1 al 4 (véase un ejemplo de cada tipo de respuesta en Tabla 2):

1) Respuesta incorrecta: interpretación incorrecta de los resultados (puntuación 1).

2) Respuesta factual: descripción explícita o factual en la que se nombran datos aislados, o los datos más destacados o todos los datos de una manera exhaustiva y yuxtapuesta, sin mencionar tendencias.

3) Respuesta sintáctica: análisis descriptivo de tendencias en el que se realizan comparaciones de más de dos datos o descripciones de tendencias generales.

4) Respuesta conceptual: análisis explicativo de los resultados en el que se

NIVEL (tipo de respuesta)	EJEMPLO
Nivel factual	“Los elementos que mayor tasa de barrido obtuvieron fueron los dígitos, y los que menor, las sílabas sin sentido”.
Nivel sintáctico	“Los datos muestran una línea creciente y discontinua según el tipo de estímulo”.
Nivel conceptual	“Se ve una tendencia a tardar más en el reconocimiento de aquellos estímulos que no tienen sentido para el participante, como las formas azarosas o las sílabas sin sentido”.

Tabla 2: Ejemplos de cada uno de los tres niveles (problemas contenido psicológico).

realizan explicaciones, predicciones, inferencias y/o conclusiones sobre el contenido del gráfico (con mayor o menor carga conceptual) y el tipo de relación estadística entre las variables.

Las respuestas de los participantes a los problemas de los dos cuestionarios de interpretación fueron clasificadas en su totalidad por dos de las autoras de manera independiente en función de las cuatro categorías (respuesta incorrecta, factual, sintáctica y conceptual). Calculamos el grado de acuerdo interjueces (coeficiente Kappa) cuyos resultados alcanzaron valores satisfactorios para ambos contenidos (oscilando entre 0.669 y 1; $p = 0.000$ para el contenido psicológico y entre 0.774 y 1; $p = 0.000$ para el contenido no psicológico).

Análisis estadísticos

En primer lugar, para analizar la influencia de la variable contenido (psicológico - no psicológico), tanto en los dos cuestionarios de selección como en los dos cuestionarios de interpretación, aplicamos la prueba de *U* Mann-Whitney para cada uno de los cuatro problemas comparando ambos contenidos.

En segundo lugar, analizamos la dificultad de los cuatro problemas tanto en el cuestionario de selección como en el cuestionario de interpretación de ambos contenidos. Para ello utilizamos la prueba de Friedman para varias muestras relacionadas así como la prueba de Wilcoxon para dos muestras relacionadas para las comparaciones posteriores dos a dos.

Finalmente para analizar las respuestas en los cuestionarios de selección (tipos de respuesta) y en los cuestionarios de interpretación (niveles de análisis) utilizamos la prueba de Chi-cuadrado para una muestra para cada uno de los problemas de ambos contenidos así como para los análisis descriptivos.

Resultados

En ambas tareas no encontramos diferencias estadísticamente significativas entre los contenidos psicológico y no psicológico en ninguno de los problemas según las pruebas de *U* Mann-Whitney. Por ello presentamos los análisis sobre la dificultad de los problemas y de los tipos de respuesta de manera conjunta para ambos contenidos. Primero presentamos los resultados de las tareas de selección y después los resultados de las tareas de interpretación.

Tareas de selección

Si atendemos al número de respuestas correctas (selección del “gráfico original” presentada en el libro de texto) el retrato que se obtiene de los estudiantes no es demasiado favorecedor (véase figura1). Menos del 50% escoge esta opción en los problemas 2, 3 y 4, mientras que en el problema 1, en el que se presentaba una única variable discreta, el porcentaje de este tipo de respuesta alcanza el 70%. No obstante, como comentaremos en las conclusiones, tampoco podemos afirmar que los estudiantes tuvieran una ejecución totalmente inadecuada en esta tarea, ya que las repuestas más incorrectas eran las menos elegidas.

De acuerdo con la prueba de Friedman $\chi^2 (3, N = 40) = 41,033, p = 0,000$) existen diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro problemas. Por tanto podemos distinguir distintos niveles de dificultad en los problemas. Las pruebas de Wilcoxon para las comparaciones posteriores dos a dos mostraron lo siguiente: El problema 1 resultó significativamente más fácil que los problemas 2, 3 y 4 [problema 2 ($Z = -5,264 p = 0,000$), problema 3 ($Z = -3,389 p = 0,001$) y problema 4 ($Z = -2,617 p = 0,009$); y los problemas 3 y 4 más fáciles que el problema 2 [problema 3 ($Z = -2,255 p = 0,024$) y el problema 4 ($Z = -3,330 p = 0,001$)], mientras que no hubo diferencias significativas entre los problema 3 y 4.

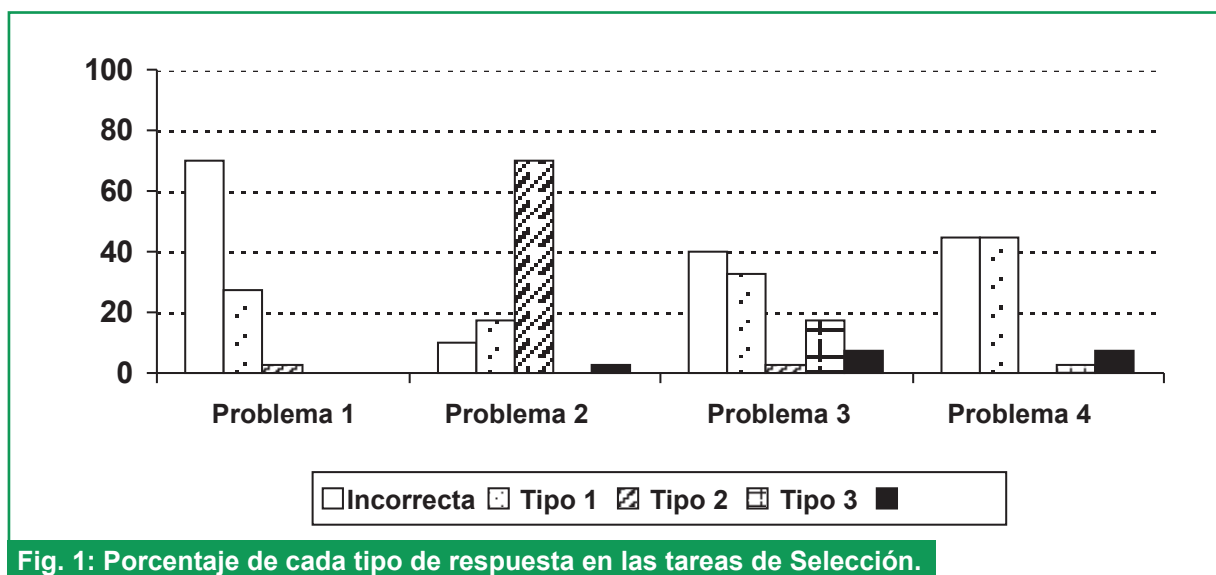


Fig. 1: Porcentaje de cada tipo de respuesta en las tareas de Selección.

Este resultado concuerda con los estudios anteriores en el sentido de que son más fáciles de leer los gráficos de barras que los lineales (Wainer, 1980, 1992; Wavering, 1989), mientras que, en el caso del problema 2, muestra discordancia con otros trabajos que relacionan la facilidad de lectura con el número de variables (véase, por ejemplo, Postigo y Pozo, 2000). Sin embargo, estas afirmaciones pueden matizarse al analizar el rendimiento en cada uno de los problemas.

Realizamos pruebas Chi-cuadrado para una muestra con los cuatro tipos de respuesta para cada uno de los cuatro problemas de ambos contenidos. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas en los cuatro problemas (Problema 1: $\chi^2(1, N=12) = 8,333, p=0.004$; Problema 2: $\chi^2(2, N=36) = 33,500, p=0.000$; Problema 3: $\chi^2(3, N=24) = 14,000, p=0.003$ y Problema 4: $\chi^2(2, N=22) = 33,5435, p=0.000$). Es decir, las respuestas varían en función del tipo de problema.

Como podemos observar en la Figura 1, excepto en el problema 2, las respuestas más elegidas tras la respuesta correcta, fueron aquellas que representan correctamente los datos de la investigación, pero en un formato inadecuado (respuesta T1: barras para variables continuas y líneas para variables categoriales). Por tanto, aunque esta selección muestra un desconocimiento de algunos aspectos sintácticos de los gráficos (el formato gráfico), también indica que son capaces de emparejar los datos de la investigación descrita en el texto con un gráfico. La importancia de este error es mayor en el problema 4 ya que la elección de barras dificulta claramente la percepción de la interacción entre las variables. Como comentaremos más adelante, parece a nuestro juicio que algunos tipos de representaciones son preferidas por los estudiantes frente a otras.

Las respuestas mostraron una pauta diferente en el problema 2. La mayor parte de los estudiantes (70%) eligió una representación ideal de los datos (respuesta T2), es decir, la representación de una tendencia o representación teórica sin la variabilidad propia de un experimento real (es decir, la mayoría eligieron la opción e) que muestra una relación lineal perfecta, frente a la opción c) que muestra la variabilidad propia de un experimento que es la representación gráfica correcta. Véase en el Anexo el problema 2 con contenido psicológico) En este problema, sobre la facilidad de extinción de una conducta en las ratas en función del tipo de condicionamiento previo (en el caso del contenido psicológico), había dos aspectos que pueden explicar las diferencias de los resultados encontrados en comparación con los otros problemas. Por un lado, la facilidad de extinción de la conducta debía inferirse a partir de otros datos presentes en el gráfico (la velocidad de las ratas) y por tanto requería un mayor nivel de procesamiento y de conocimiento. Por otro lado, el gráfico correcto (la opción c), véase Anexo) presentaba acusados "dientes de sierra", es decir, había aparentes retrocesos en la extinción de la conducta (aunque la tendencia general del gráfico mostrara la resistencia a la extinción de la conducta en la medida en que aumentaba la velocidad de las ratas cuanto mayor era la duración de la demora en el condicionamiento previo). Sin embargo, la representación teórica (la opción e) véase anexo) presentaba esta relación en forma de una relación lineal perfecta entre el tipo de condicionamiento y la extinción, por lo que parece más fácil elegirla. Este aspecto de las representaciones teórica y real de los datos lo retomaremos en el apartado de conclusiones.

Finalmente, señalar que aunque hay muy pocas respuestas totalmente incorrectas (respuestas T3 y T4), merece la pena destacar que sólo se produjeron en los problemas 3 y 4.

Tareas de interpretación

La figura 2 muestra el porcentaje de cada tipo de respuesta (errónea, factual, sintáctica o conceptual) en cada uno de los problemas. Como puede verse en esta figura, el número de respuestas incorrectas de los estudiantes en los problemas fue muy pequeño. Incluso en el problema 2, que, como en las tareas anteriores, las respuestas tienen una pauta distinta de los demás, sólo aparece un 30% de respuestas erróneas

De acuerdo con la prueba de Friedman $\chi^2 (3, N = 40) = 11,352, p = 0,010$ existen diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro problemas. Por tanto podemos distinguir distintos niveles de dificultad en los problemas. Sin embargo, las pruebas de Wilcoxon para las comparaciones posteriores dos a dos mostraron que sólo el problema 4 resultó ser significativamente más fácil que los problemas 1 y 2 [problema 1 ($Z = -2,810, p = 0,005$) y problema 2 ($Z = -2,693, p = 0,007$)], mientras que no hubo diferencias significativas entre los problemas 1, 2 y 3 ni diferencias significativas entre los problemas 3 y 4.

Estos datos se pueden matizar al analizar los distintos tipos de respuestas de los estudiantes en los distintos problemas. Los análisis con pruebas Chi-cuadrado, muestran diferencias estadísticamente significativas en tres de los cuatro problemas, es decir, los tres tipos de respuestas no se distribuyen por igual, salvo en el problema 2 (Problema 1: $\chi^2 (2, N = 36) = 6,167, p = 0,046$; Problema 3: $\chi^2 (1, N = 32) = 4,500, p = 0,034$ y Problema 4: $\chi^2 (2, N = 35) = 27,486, p = 0,000$).

De acuerdo con este análisis, el número de repuestas de tipo conceptual es mayor en los problemas 3 y 4, que, como se recordará, mostraban datos con un mayor número de variables que los otros dos problemas. Entendíamos como respuestas

conceptuales aquellas que además de describir las tendencias de los datos, introducían elementos que relacionaban estas tendencias con el contenido. No obstante, hay que señalar que en la mayor parte de los casos estas respuestas estaban más cerca de la descripción que de la explicación (en el problema 3, un ejemplo de respuesta conceptual: *“los datos apuntan a que es más eficaz el tratamiento de extinción que el de omisión”* y en el problema 4 sólo cuatro participantes mencionan la relación estadística de interacción entre las variables presente en este problema).

Por el contrario, el primer problema, con una sola variable categorial mostraba un mayor número de respuestas factuales que los demás. El porcentaje de estas respuestas era prácticamente el mismo que el de las conceptuales. En este problema aparecen diferencias entre los dos tipos de contenidos. Hay un mayor número de respuestas factuales en los problemas con contenido no psicológico (50%) que en los problemas con contenido psicológico (30%). Mientras que esta relación se invierte para las respuestas conceptuales siendo mayor en los problemas con contenido psicológico (55%) que en los problemas con contenido no psicológico (20%). Esto apunta nuevamente a la necesidad de investigar en profundidad los efectos de la variable contenido de los problemas.

Conclusiones

En términos generales este trabajo muestra que los estudiantes de psicología, pese a algunas dificultades, cuentan con una alfabetización gráfica mínima y con habilidades suficientes tanto para identificar y seleccionar las representaciones gráficas de datos experimentales como para elaborar conclusiones a partir de la interpretación de las mismas. Estas habilidades, en la medida en que no hemos encontrado diferencias, se aplican de forma

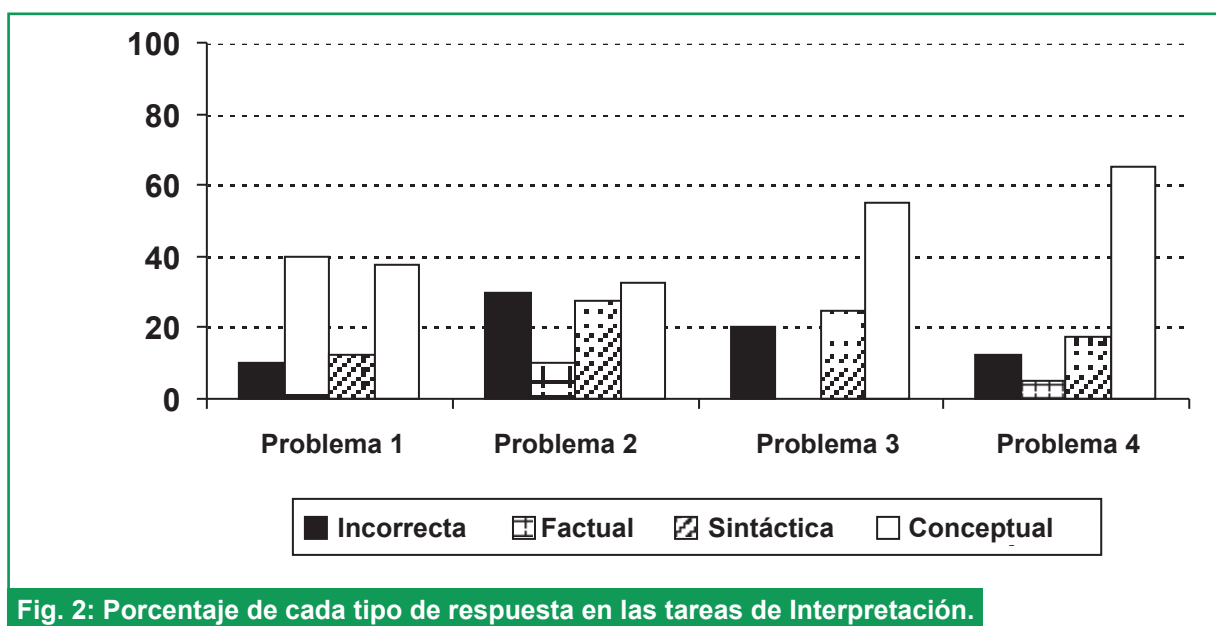


Fig. 2: Porcentaje de cada tipo de respuesta en las tareas de Interpretación.

similar a los dos contenidos utilizados en esta investigación (contenido psicológico y no-psicológico) tanto en las tareas de selección como en las tareas de interpretación.

Una posible explicación para esta ausencia de diferencias es el tipo de diseño que hemos utilizado. Para evitar diferencias en la complejidad de las tareas de nuestra investigación, empleamos los mismos gráficos para los dos tipos de contenido. Estos gráficos presentaban originalmente resultados de investigaciones psicológicas y el contenido no psicológico fue adaptado para coincidir con estas representaciones. Por otro lado, este contenido hacía referencia a tratamientos y prácticas más o menos conocidas, relacionadas con la salud (tabaquismo, colesterol y dietas de adelgazamiento). Por tanto no requerían un conocimiento muy especializado y es posible que resultara más fácil transferir las habilidades de interpretación gráfica a estos problemas.

Como veíamos en la introducción, los resultados de los escasos trabajos que han analizado la influencia del contenido parecen apuntar a una cierta especificidad de la pericia implicada en la comprensión de gráficos (Roth y Bowen, 2003; Stern, Aprea y Ebner, 2003) e incluso la posible intervención de diversos tipos de pericias (Postigo y Pozo, 2000; Stern *et al.*, 2003). Especialmente, los trabajos realizados por Roth y Bowen (2003) con científicos expertos en ecología mostraban que los expertos leen determinados significados y tendencias extraídas de los gráficos que sólo pueden lograr por poseer un conocimiento profundo del contenido del dominio al que pertenece. Estos autores concluyen que la pericia en la comprensión de gráficos de un contenido determinado no se transfiere automáticamente a otros contenidos. Sin embargo, los estudiantes que han participado en nuestra investigación no poseían esta pericia, ni las tareas tenían el mismo nivel de especialización y complejidad.

Por tanto, aunque nuestros resultados no muestren efectos relacionados con el conocimiento del contenido, es posible que esté motivado por el tipo de diseño. En la actualidad estamos realizando tres estudios para contrastar esta hipótesis. Así, para analizar la posible intervención de diversos tipos de pericias hemos realizado dos estudios. Un primer estudio se ha realizado con estudiantes universitarios de cuarto año de psicología que tienen una mayor formación en el contenido que los participantes de este trabajo, y para analizar los efectos no solo del conocimiento del contenido sino también el papel del conocimiento sobre el uso de gráficos en un segundo estudio estamos comparando estos resultados con la actuación de estudiantes universitarios de ciencias económicas con las mismas tareas empleadas en este trabajo. Finalmente en un tercer estudio, estamos diseñando un grupo de tareas relacionadas con la utilización de gráficos en tareas de solución de problemas en las que es necesario ir más allá de la mera descripción

del contenido de los gráficos, lo que implica un mayor uso epistémico de los mismos.

Por otro lado, a pesar de que no haya diferencias estadísticamente significativas entre los dos contenidos, la distribución de algunos tipos de respuesta parece señalar la importancia del conocimiento sobre el contenido. Así, en las tareas de selección las respuestas más incorrectas (T4) apenas eran elegidas en los problemas con contenido psicológico (2,07%), mientras que alcanzaban un 13% en los problemas sobre salud. Por el contrario, las respuestas que mostraban una comprensión del contenido pero el desconocimiento de algunos aspectos sobre el formato gráfico (T1) aparecían más en los problemas psicológicos (71,95%) que en los no psicológicos (50,55%).

Como acabamos de señalar, en las tareas de selección, se destaca el alto porcentaje de estudiantes que seleccionan gráficos con formatos (barras o líneas) no adecuadas para el tipo de variable representado (T1). Con la excepción del problema 2, encontramos que entre el 30 y el 45% de los estudiantes eligen una representación gráfica de barras en los problemas con variables continuas, mientras que en torno a un 25% escogen representaciones lineales en el problema con variables discretas. Este resultado se puede interpretar como un desconocimiento por parte de los estudiantes acerca de algunas de las convenciones de los gráficos cartesianos, especialmente en lo referente a la relación entre la naturaleza de las variables con los aspectos figurativos o de formato del gráfico (Pérez Echeverría, Postigo y Marín, 2010). Sin embargo, otra explicación posible apuntaría a una preferencia por parte de los estudiantes por un determinado tipo de representación de los datos, concretamente los gráficos de barras. Algunos estudiantes eran conscientes de que las representaciones lineales y los histogramas mostraban los mismos datos, pero escogían las barras “*porque es más fácil para ver o seguir los resultados*”. Esta preferencia por el formato de barras puede deberse tanto a una menor dificultad de interpretación (Wainer, 1980, 1992; Wavering, 1989) como a una posible familiaridad con el mismo por su mayor presencia frente a otros formatos tanto en los diversos medios de comunicación como en el contexto de aula. Este tipo de preferencia es particularmente inadecuada para el caso de la representación gráfica de dos variables con interacción (problema 4).

Los datos encontrados sobre la complejidad del gráfico (número, tipo y relación entre las variables) parecen relacionarse, como se esperaba, con los diferentes grados de dificultad de los problemas. Estos datos coinciden con los encontrados en otros trabajos (Carswell *et al.*, 1993; Postigo y Pozo, 2000; Wainer 1980, 1992; Wavering, 1989), salvo en el caso de la pauta de respuestas mostrada en el problema 2 que difiere del resto. El problema 1 (con una variable discreta) resultó significativamente más fácil que los problema 2, 3 y 4, lo cual es acorde con

los trabajos que señalan un mejor rendimiento cuanto menor sea el número de variables así como con variables discretas frente a variables continuas (Postigo y Pozo, 2000; Wainer, 1980, 1992; Wavering, 1989). Sin embargo, el problema 2 (con una variable continua) fue significativamente más difícil que los problemas 3 y 4 (dos variables sin y con interacción) y produjo un mayor número de respuestas incorrectas que los otros tres problemas.

Además, en este problema, un porcentaje elevado de los estudiantes (70%) eligió un gráfico idealizado (T2), frente al gráfico real (que mostraba acusados "dientes de sierra"). Esto apunta a las posibles dificultades para interpretar las variaciones que se producen en situaciones naturales en comparación con la realización de un experimento (reflejadas en los "dientes de sierra" del gráfico). Los estudiantes parecen esperar que un determinado principio teórico o una relación establecida entre determinadas variables se correspondan de manera exacta con lo que ocurre en la realidad. Cualquier aspecto que difiera de esa correspondencia invalida el principio o el experimento. Así, por ejemplo, los estudiantes rechazaban el gráfico real *"porque presenta altibajos y oscilaciones en la relación lineal"*, frente al gráfico teórico o ideal *"que es la única gráfica totalmente ascendente, es decir, sin ningún pico ni descenso"*. Estas afirmaciones recuerdan a las creencias de que las relaciones entre una muestra y la población de la que ha sido extraída deben ser perfectas, tal y como muestran los trabajos sobre el heurístico de representatividad (Tversky y Kahneman, 1974/1984), lo cual supone pensar que las relaciones entre un modelo y una predicción deben ser perfectas.

Al mismo tiempo esta creencia podría verse reforzada por el tratamiento que los gráficos tienen en los libros de texto, tal y como apunta García (2005), donde no se hace explícita la diferencia entre estas dos formas de representar datos (gráficos teóricos o ideales y gráficos reales).

"Los estudiantes pueden ser inducidos a creer que una gráfica cuyo uso científico es el de modelo teórico representa el comportamiento real de un grupo de datos y no el comportamiento ideal esperado sobre el fenómeno. Igualmente los estudiantes pueden ser inducidos a creer que las gráficas cuyo uso científico es el de representar el comportamiento de un grupo de datos (gráficas experimentales), son adecuadas para predecir el comportamiento del fenómeno estudiado sin que se requiera ningún proceso de ajuste de la representación gráfica" (p. 191).

Este resultado tiene importantes implicaciones educativas y creemos que este aspecto debería tenerse en cuenta en la alfabetización gráfica (*graphicacy*) que requiere atención por parte de profesores y autores sobre los diferentes usos de los gráficos.

Las pautas encontradas en las tareas de selección y de interpretación fueron similares. En las tareas de interpretación el porcentaje de respuestas incorrectas estuvo por debajo del 20% en todos los problemas, excepto nuevamente en el caso del problema 2 que alcanzaron un 30%. Los resultados muestran que la mayor parte de los estudiantes realizó interpretaciones adecuadas de los gráficos. Sin embargo, hay que señalar que estas interpretaciones en su conjunto fueron más descriptivas que explicativas, incluso en los casos en que relacionaron las tendencias de los datos con el contenido del problema, que por otra parte, fueron las más numerosas en todos los problemas excepto en el problema 1. A diferencia de otros trabajos (Pérez Echeverría, Pecharromás y Postigo, 2007; Pérez Echeverría, Postigo y Pecharromás, 2009; Postigo y Pozo, 2000) no hemos obtenido un número importante de respuestas de tipo sintáctico, que expresen la tendencia de los datos de forma global. Pero, también a diferencia de estas investigaciones, nuestro estudio presentó gráficos extraídos de libros de texto cuya forma y contenido se emparejaban muy bien con la formación de los participantes de este trabajo y, para las que, como hemos señalado varias veces, los resultados indican que los estudiantes tenían las suficientes habilidades de decodificación gráfica. Esta idea se ve corroborada por el pequeño número de respuestas de tipo factual en todos los problemas salvo en el primero en el que alcanzan el 40%.

No obstante, nos gustaría destacar que el problema 4, teóricamente el más complejo por estar compuesto por dos variables que interactuaban entre sí, suscitó un mayor número de interpretaciones conceptuales que los otros tres problemas, mientras que en el problema 1, el más fácil teóricamente (una variable discreta) había un mayor número de interpretaciones que acudían sólo a la descripción de datos sobresalientes (interpretación factual). De hecho la figura 2 muestra una tendencia a que el mayor número de respuestas sean más conceptuales en los problemas más complejos (problemas 3 y 4). Estos datos parecen indicar que hay cierta relación entre la complejidad de la tarea y la complejidad de su interpretación. Las tareas demasiado sencillas como el problema 1, son más difíciles de relacionar con explicaciones de tipo conceptual. Este resultado nos remite de nuevo a un análisis del tipo de tareas planteadas tanto en esta investigación como en otros trabajos sobre gráficos. Seguramente "ir más allá de los datos" en términos de Friel *et al.*, (2001, véase también Gabucio, *et al.*, 2010) o realizar un análisis conceptual de esos datos (Pérez Echeverría, Postigo y Marín, 2010; Pérez Echeverría, Postigo y Pecharromás, 2009; Postigo y Pozo, 2004) no sólo exige un determinado grado de conocimiento específico tanto sobre el contenido de la tarea como sobre sus representaciones gráficas, sino que también requiere unos determinados objetivos de la tarea. Es posible, que aquellas tareas en que la lectura del gráfico esté supeditada a un fin más epistémico (por ejemplo, resolver un problema,

hacer un informe o decidir entre diferentes teorías) posibiliten más las lecturas explicativas. Por otro lado, el tipo de gráfico está relacionado con la complejidad de los datos que representa. Los gráficos más complejos para un determinado lector, y que por tanto requieren un mayor grado de procesamiento, podrían facilitar también respuestas más complejas y acordes con este procesamiento, siempre que su estructura estuviera dentro del repertorio de conocimientos gráficos de ese supuesto lector.

Referencias

- Balchin, W. (1970). *Geography: a guide for the intending student*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Balchin, W. (1972). Graphicacy. *Geography*, 57, 185-195.
- Balchin, W., & Coleman, A. (1965). Graphicacy should be the fourth ace in the pack. *The Times Educational Supplement*, 5. November. (Reimpreso en: J. Bale, N. Graves & R. Walford (Eds.), *Perspectives in Geographical Education*. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1974).
- Barquero, B., Schnotz, W., & Reuter, S. (2000). Adolescents' and adults' skills to visually communicate knowledge and graphics. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 71-87.
- Bautista, A., & Pérez Echeverría, M. P. (2008). ¿Qué consideran los profesores de instrumento que deben enseñar en sus clases? *Cultura y Educación*, 20(1), 17-34.
- Bautista, A., Pérez Echeverría, M. P., Pozo, J. I., & Brizuela, B. M. (2009). Piano Students' Conceptions of Musical Scores as External Representations: A Cross-Sectional Study. *Journal of Research in Music Education*, 57(3), 181-202.
- Bertin, J. (1983). *Semiology of graphics*. Madison: University of Wisconsin Press.
- Boardman, D. (1983). *Graphicacy and Geography teaching*. London: Croom Helm.
- Carswell, C. M., Emery, C., & Lonon, A. M. (1993). Stimulus complexity and information integration in the spontaneous interpretation of line graphs. *Applied Cognitive Psychology*, 7, 341-357.
- Curcio, F. R. (1987). Comprehension of mathematical relationships expressed in graphs. *Journal of Research in Mathematics Education*, 18(5), 382-393.
- Friel, S. N., Curcio, F. R., & Bright, G. W. (2001). Making sense of graphs: Critical factors influencing comprehension and instructional implications. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32(2), 124-158.
- Gabucio, F., Martí, E., Enfedaque, J., Gilabert, S., & Konstantinidou, K. (2010). Niveles de comprensión de las tablas en alumnos de primaria y secundaria *Cultura y Educación*, 22(2), 183-197.
- Gagatsis, A., & Shiakalli, M. (2004). Translation ability and problem solving. *Educational Psychology*, 24(5), 645-657.
- 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), 181-200.
- Hollands, J. G., & Spence, I. (1992). Judgments of change and proportion in graphical perception. *Human Factors*, 34(3), 313-334.
- Kosslyn, S. M. (1989). Understanding charts and graphs. *Applied Cognitive Psychology*, 3, 185-226.
- Kosslyn, S. M. (2006). *Graph design for the eye and mind*. New York: Oxford University Press.
- Lowe, R. K. (1993). *Successful instructional diagrams*. London: Kogan Page.
- Leinhardt, G., Zaslavsky, O., & Stein, M. K. (1990). Functions, graphs, and graphing: Tasks, learning and teaching. *Review of Educational Research*, 60(1), 1-64.
- Marín Oller, C., Pérez Echeverría, M. P., & Hallam, S. (2009). The use of musical scores in order to perform: An exploratory study with flute players. En A. Williamon, S. Pretty, & R. Buck (Eds.), *Proceedings of the International Symposium on Performance Science*. (pp. 327-332). The Netherlands: AEC.
- Martí, E. (2003). *Representar el mundo externamente. La adquisición infantil de los sistemas externos de representación*. Madrid: Antonio Machado Libros.
- Pecharromán, A. (2005). *Las gráficas como sistemas externos de representación: aprendizaje, comprensión y solución de problemas*. Documento no publicado para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Pérez Echeverría, M. P., Pecharromán, A., & Postigo, Y. (2007). Los sistemas de representación externa en el aprendizaje: la habilidad para traducir información a distintos formatos. En J. I. Pozo, & F. Flores (Eds.), *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia* (pp. 107-122). Madrid: Antonio Machado Libros.
- Pérez Echeverría, M. P., Postigo, Y., López Manjón, A., & Marín, C. (2009). Aprender con imágenes e información gráfica. En J. I. Pozo, & Pérez Echeverría, M. P. (Coords.), *La psicología del aprendizaje universitario: de la formación de contenidos a la formación de competencias* (pp. 134-148). Madrid: Morata.
- Pérez Echeverría, M. P., Postigo, Y., & Marín, C. (2010). Las habilidades gráficas de los estudiantes universitarios: ¿cómo comprenden las gráficas los estudiantes de psicología? *Cultura y Educación*, 22(2), 215-229.
- Pérez Echeverría, M. P., Postigo, Y., & Pecharromán, A. (2009). Graphicacy: university students' skills to translate information. En C. Andersen, N. Scheuer, M. P. Pérez Echeverría, & E. Teubal (Eds.), *Representational systems and practices as learning tools in different fields of knowledge* (pp. 209-225). London: Sense.
- Pérez Echeverría, M. P., & Scheuer, N. (2009). External representations as learning tools: an introduction. En C. Andersen, N. Scheuer, M. P. Pérez Echeverría, & E. Teubal (Eds.), *Representational systems and practices as learning tools in different fields of knowledge* (pp. 1-19). London: Sense.
- Postigo Y., & Pozo, J. I. (2000). Cuando una gráfica vale más que 1000 datos: interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 89-110.
- Postigo, Y., & Pozo, J. I. (2004). On the road to graphicacy: The learning of graphical representation systems. *Educational Psychology*, 24(5), 623-644.
- Roth, W. M., & Bowen, G. M. (2003). When are graphs worth ten thousand words? *Cognition and Instruction*, 21(4), 429-473.
- Roth, W. M., Pozzer-Ardenghi, L., & Han, J. (2005). *Critical Graphicacy. Understanding visual representation practices in school science*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Schnotz, W. (1993). Understanding logical pictures. Friedrich-Schiller-University of Jena, Department of Educational Psychology: *Research Report 1*.
- Shah, P., Freedman, E. G., & Vekiri, I. (2005). The comprehension of quantitative information in graphical displays. En P. Shah, & A. Miyake (Eds.), *The Cambridge Handbook of visuospatial thinking* (pp. 426-477). Cambridge: University Press.
- Simkin, D., & Hastie, R. (1987). An information-processing

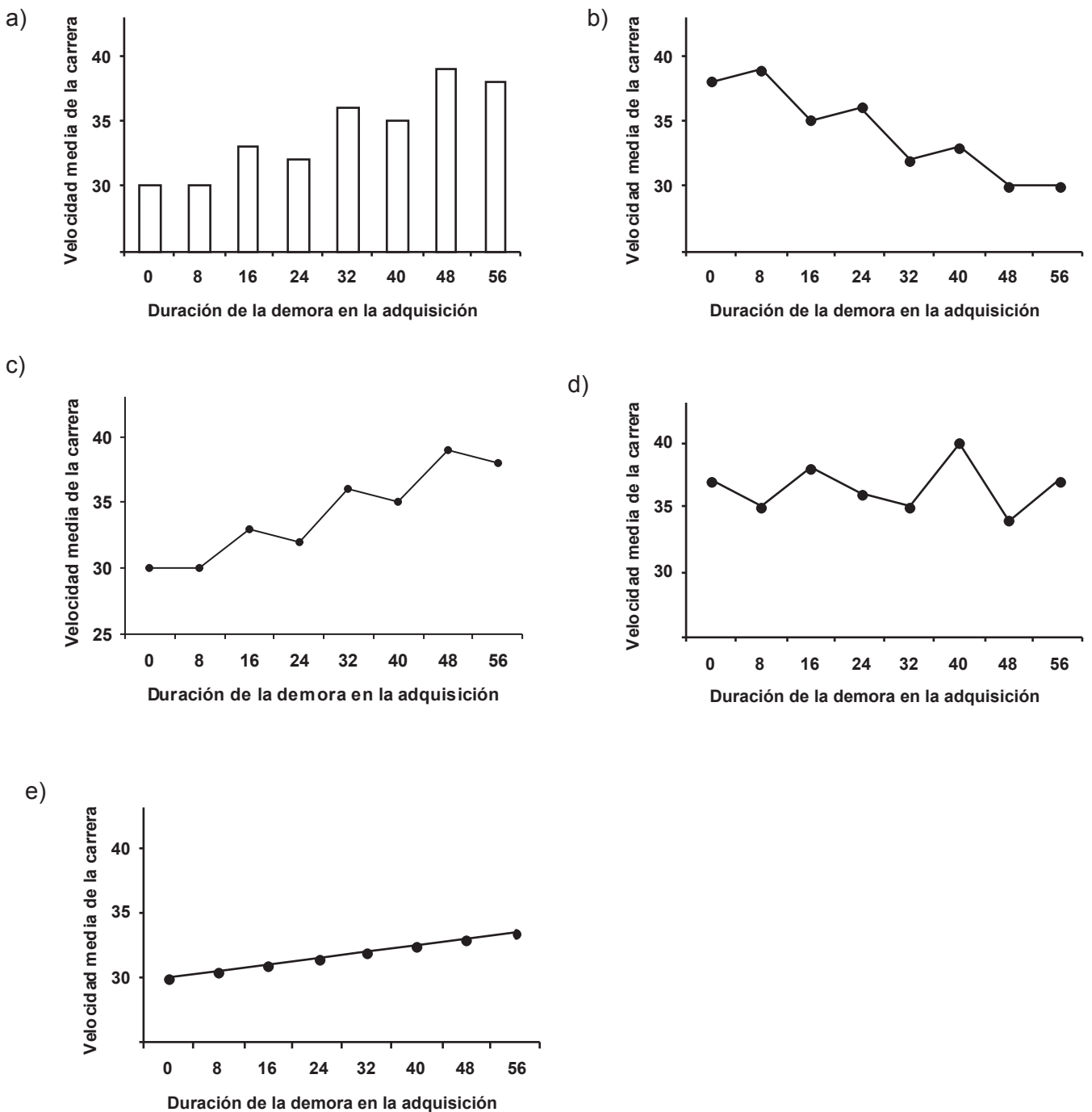
- analysis of graph perception. *Journal of American Statistical Association*, 82(398), 454-465.
- Stern, E., Aprea, C., & Ebner, H. G. (2003). Improving cross-content transfer in text processing by means of active graphical representation. *Learning and Instruction*, 13(2), 191-203.
- Tversky A., & Kahneman D. (1984). Juicio en situación de incertidumbre: heurísticos y sesgos. En M. Carretero, & J. A. García Madruga (Eds.), *Lecturas de psicología del pensamiento*. Madrid: Alianza Editorial. (Trabajo original publicado en 1974).
- Wainer, H. (1980). A test of graphicacy in children. *Applied Psychological Measurement*, 4, 331-340.
- Wainer, H. (1992). Understanding graphs and tables. *Educational Researcher*, 21(1), 14-23.
- Wavering, M. J. (1989). Logical reasoning necessary to make line graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(5), 373-379.

Anexo

Tarea de selección (Contenido psicológico) Problema 2

Knouse y Campbell (1971) realizaron un experimento para analizar el efecto que tenía la demora parcial de la recompensa en el momento de adquirir una conducta para la facilidad de extinción de la misma. Entrenaron a unas ratas para que consiguieran comida recorriendo un pasillo recto. En la mitad de los ensayos de adquisición la recompensa se demoró durante 0, 8, 16, 24, 32, 40, 48 ó 56 segundos. En la segunda parte del experimento se llevo a cabo la extinción, siendo confinados los animales en la caja meta durante 15 segundos, sin recibir la recompensa. Los resultados indicaron que la resistencia a la extinción aumentaba en función de la duración de la demora. Cuánto mayor era la duración de la demora que los animales experimentaban en parte de los ensayos de adquisición, mayor era la velocidad de la carrera durante la extinción y más persistía la respuesta.

1.- Elige cuál de las cinco gráficas que te presentamos a continuación te parece que se acomoda más a este resultado.

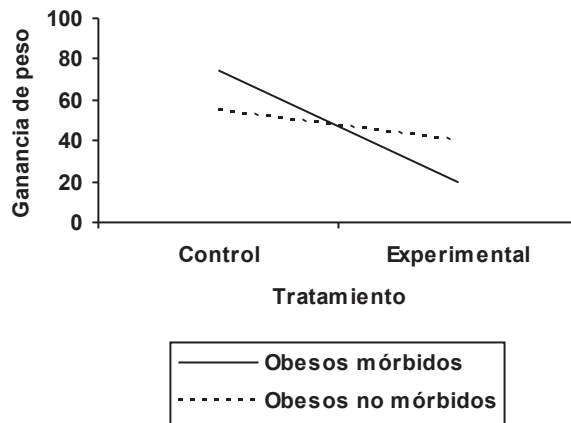


- 2.- Explica la razón por la que has elegido esa gráfica.
- 3.- Explica las razones por las que has rechazado las demás.

Tarea de interpretación (Contenido no psicológico) Problema 4

Pascual y Arranz (1985) realizaron una investigación para probar la eficacia de un nuevo fármaco para el tratamiento de la obesidad. En estudios anteriores con otros fármacos se vio que su acción era diferente en función del tipo de obesidad del paciente (obesidad mórbida u obesidad no mórbida o moderada) junto con la realización o no de dieta. Seleccionaron 10 pacientes con obesidad mórbida y 10 pacientes con obesidad no mórbida. A su vez la mitad de cada grupo fue asignado aleatoriamente a uno de los dos tratamientos siguientes. El grupo 1 estaba formado por cinco pacientes con obesidad mórbida y cinco pacientes con obesidad no mórbida que realizaron una dieta hipocalórica, con un correcto aporte de macronutrientes y micronutrientes (grupo control). El grupo 2, formado también por cinco pacientes con obesidad mórbida y cinco pacientes con obesidad no mórbida, constituyeron el grupo experimental que además de hacer esa misma dieta se les administró diariamente el nuevo fármaco. Después de un periodo de seis meses con ambos tratamientos (control y experimental) se midió la ganancia de peso en todos los pacientes.

Los resultados aparecen representados en la gráfica siguiente:



- 1.- Basándote en la gráfica, explica por escrito cuáles son los principales resultados de este experimento.