



**VOL.27, Nº1 (Marzo, 2023)**

ISSN 1138-414X, ISSNe 1989-6395

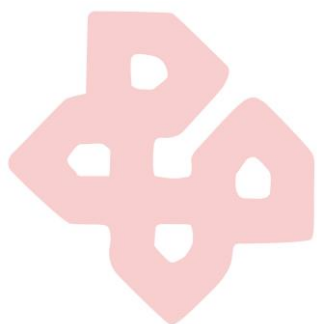
DOI:10.30827/profesorado.v27i1.21488

Fecha de recepción 07/06/2021

Fecha de aceptación 21/09/2022

# **ANÁLISIS DE LA TRANSDERMINACIÓN VINCULADA A LA ALFABETIZACIÓN ESTADÍSTICA EN FUTUROS MAESTROS**

*Transnumeration analysis linked to statistical literacy in prospective teachers*



*Elena Molina-Portillo<sup>1</sup>*

*José Miguel Contreras<sup>1</sup>*

*Felipe Ruz<sup>2</sup>*

*Javier Contreras<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Universidad de Granada*

<sup>2</sup> *Pontificia Universidad Católica de Valparaíso*

E-mail: [elemo@ugr.es](mailto:elemo@ugr.es); [jmcontreras@ugr.es](mailto:jmcontreras@ugr.es);

[felipe.ruz.a@pucv.cl](mailto:felipe.ruz.a@pucv.cl); [jcontreras@ugr.es](mailto:jcontreras@ugr.es)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9955-3080>;

<https://orcid.org/0000-0001-6821-0563>;

<https://orcid.org/0000-0003-4050-728X>;

<https://orcid.org/0000-0003-4064-580X>

## **Resumen:**

La transnumeración, entendida como el cambio de sistemas de representación para generar nuevos conocimientos, es parte fundamental de la alfabetización estadística deseable como resultado de la escolarización. Debido a que la práctica profesional de los futuros profesores de Educación Primaria respecto a la educación estadística dependerá de su razonamiento estadístico, se considera necesaria una evaluación que indique si es pertinente un refuerzo educativo en su formación actual. En este trabajo se evalúa la alfabetización estadística mediante el análisis de la transnumeración en una muestra de 653 futuros profesores de Educación Primaria. Para tal fin se proporcionan cinco noticias extraídas de diferentes medios de comunicación que contienen información representada mediante

gráficos estadísticos simples que presentan sesgos y se solicita representar dicha información de tres formas distintas que faciliten su interpretación: una tabla, otro tipo de gráfico y otra representación de los datos. Los resultados muestran gran capacidad transnumerativa del formato gráfico al tabular (en la que subyace que en dicho procedimiento no se extrae nueva información), una habilidad limitada en el cambio de representación de un gráfico a otro tipo de gráfico y una destreza casi nula para determinar otras formas diferentes de sintetizar la información mostrada. Dichos hallazgos inciden en la pertinencia de un refuerzo educativo que ayude a estos futuros profesionales a entender las representaciones intuitivas que facilitan la comprensión de la información y realizar el cambio entre las opciones de presentación de los datos disponibles, destacando la información estadística presente en estas.

*Palabras clave:* alfabetización estadística; educación primaria; formación de profesores; transnumeración.

### Abstract:

Transnumeration, understood as the change of representation systems to generate new knowledge, is a fundamental part of the desirable statistical literacy as a result of schooling. Because professional practice of Primary Education prospective teachers regarding to statistical education will depend on their statistical reasoning, an evaluation is considered necessary to indicate whether an educational reinforcement in their current training is relevant. In this work, statistical literacy is evaluated through the analysis of transnumeration in a sample of 653 prospective teachers of Primary Education. For this purpose, five news extracted from different media containing information represented by simple statistical graphs that present biases are provided and the information is requested to be represented in three different ways to facilitate its interpretation: a table, another type of graph and another representation of the data. The results show a great transnumerative capacity from the graphic to the tabular format (underlining that no new information is extracted in this procedure), a limited ability to change the representation from a graphic to another type of graphic and an almost null ability to determine other different ways of synthesizing the information shown. These findings emphasize the relevance of an educational reinforcement that helps these future professionals to understand the intuitive representations that facilitate the understanding of the information and make the change between the available data presentation options, highlighting the statistical information present in these.

*Key Words:* primary education; statistical literacy; teachers training; transnumeration.

## 1. Introducción

La construcción e interpretación de parámetros, gráficos y tablas estadísticas a partir de los datos es parte fundamental de la alfabetización estadística. Esta es definida por Wallman (1993) como “la habilidad de entender y evaluar críticamente los resultados estadísticos que inundan nuestra vida diaria, unida a la habilidad de apreciar las contribuciones que el pensamiento estadístico puede hacer en público y privado a las decisiones personales y profesionales” (p.1). En este sentido, Pfannkuch y Wild (2004) identifican cinco componentes fundamentales relacionadas con el pensamiento estadístico: i) el reconocimiento de la necesidad de los datos, ii) la percepción de la variación, iii) el razonamiento con modelos estadísticos, iv) la integración de lo estadístico y lo contextual, y v) la transnumeración. En la identificación de las componentes del pensamiento estadístico, los autores relacionan el reconocimiento de la necesidad de los datos, con la comprensión de las distintas

formas de trabajo y modos de representación que adopta la información estadística. Así, se ha explorado el fomento de la alfabetización estadística con base en su relación con el uso de las distintas formas de presentación de los datos (Agus et al., 2015).

En la misma línea, durante las últimas décadas diversos estudios (Agnoli y Krantz, 1989; Garfield y Gal, 1999; Brase, 2009; Ridway, 2016) han observado que la aplicación de distintas ayudas visuales podría facilitar el razonamiento estadístico, elemento también relacionado con la alfabetización estadística. En consecuencia, la representación de datos se ha convertido en una característica intrínseca del conocimiento estadístico. Además, el uso de distintas formas de representación permite obtener nueva información que puede facilitar su interpretación (Wild y Pfannkuch, 1999) e identificar relaciones subyacentes. Por ejemplo, elaborar una representación gráfica o tabular a partir de una lista desordenada de datos, permite establecer las relaciones implícitas en ellos.

Uno de los elementos más importantes en la transnumeración son los gráficos, sus tipologías y el paso de una a otra para generar conocimiento. En este sentido, Tversky (2001) identifica algunos principios que impulsan la comprensión de las representaciones gráficas y confirma que las ilustraciones son útiles durante el razonamiento estadístico para descargar la memoria. Además, Hegarty y Kozhevnikov (1999) confirmaron que la aplicación de tales ilustraciones esquemáticas, que representan asociaciones entre las variables, es útil para el logro de la resolución de problemas. En la misma línea, Lem et al. (2013) estudiaron el papel de la representación en la comprensión de los datos estadísticos, comparando diferentes tipos de representación en relación con la misma tarea. Los autores, sugieren que ciertos elementos gráficos pueden dar lugar a interpretaciones erróneas, centrando la atención en aspectos insignificantes del problema.

La importancia que tiene la representación de datos para el análisis de la información estadística también se refleja en las normativas curriculares vigentes en distintos países, entre ellos España (MEC 2014a; 2014b). En ellas se recoge el estudio de los distintos objetos estadísticos (tablas, gráficos,...) relacionados con la representatividad de los datos como parte fundamental de la alfabetización estadística, la cual se espera como resultado de la escolarización (Garfield y Ben-Zvi, 2007). En este sentido, dado que los maestros en formación se han instruido en dicho marco curricular, deben tener al menos los mismos conocimientos, estrategias y competencias que tendrán que transferir en un futuro a su alumnado. Sin embargo, la literatura en educación estadística muestra carencias de los futuros profesores en distintos aspectos de la alfabetización estadística deseable en cualquier ciudadano, tales como la interpretación crítica o el nivel de lectura gráfica (Molina-Portillo et al., 2020; Molina-Portillo et al., 2021). De igual manera, en investigaciones previas que estudian la transnumeración de conceptos concretos tales como la variación en profesores de matemáticas (López-Huayhualla, 2017) se concluye que, si bien se llega a realizar tal conversión, esta no se lleva a cabo de una forma reflexiva.

Para apoyar el aprendizaje, los docentes necesitan información sobre las representaciones intuitivas de los alumnos, cómo alentarlos a considerar otras

representaciones y cómo hacer transiciones de una representación a otra (Pfannkuch, 2008). Cooper y Shore (2010) afirman que los profesores deben formarse en la enseñanza de la estadística desde una perspectiva que no se limite solamente a la elaboración de tablas, gráficos y el cálculo de medidas de resumen, sin comprender la relación que hay entre ellos. Por tanto, los profesores han de conocer cómo los alumnos tratan de construir significados desde los datos y qué tipo de representaciones producen cuando se enfrentan a una tarea basada en estos. Estrella y Olfos (2012) inciden en que estas cuestiones son analizadas desde técnicas transnumerativas, pues los datos, las representaciones y el contexto en el que se integran, toman relevancia para comunicar los hallazgos. En el mismo sentido, Lee et al. (2014) señalan que, en muchas ocasiones, la transnumeración ocurre cuando los datos están representados de manera que resalta un aspecto en particular relacionado con el contexto, lo que puede proporcionar nuevos conocimientos sobre los datos.

En virtud de lo anteriormente expuesto, se considera necesario el estudio de la transnumeración como parte del conocimiento estadístico que cualquier ciudadano debe tener como resultado de su escolarización. En concreto, los profesores en formación se perfilan como un grupo idóneo para estudiar tal resultado, así como para explorar la visión mediante la que transferirán dicha componente del pensamiento estadístico. Por tanto, se propone estudiar el nivel de alfabetización estadística con base en su relación con el uso de las distintas formas de representación de los datos, la transnumeración, a una tabla, otro gráfico, y otra presentación de los datos que facilite su interpretación, en una muestra de 653 futuros profesores de Educación Primaria.

## 2. Antecedentes

Pfannkuch y Wild (2004) describen la transnumeración como representaciones de datos cambiantes para engendrar comprensión, capturar las características de una situación real y comunicar mensajes presentes en los datos. La noción de transnumeración es extremadamente importante ya que, entre otras cosas, las nuevas tecnologías incorporan la interacción dinámica como una forma de trabajar en entornos de software que fomentan la manipulación de datos y representaciones de estos (Fitzallen y Watson, 2014).

Chick (2004) creó un marco de transnumeración cuyo objetivo es encontrar y mostrar el comportamiento de los datos. Cada técnica transnumerativa propuesta por Chick involucra algún cambio en la representación, ya sea creando una nueva variable, organizando los datos en forma diferente o representándolos en una forma visual. El marco de transnumeración está compuesto por las siguientes técnicas:

- Ordenamiento. Los datos se ordenan con base en algún criterio, sin surgir nuevas variables.

- Agrupamiento. Los datos se agrupan de acuerdo con algún criterio. Esto crea una nueva variable. El cambio de variable puede involucrar de antemano un tipo de transnumeración.
- Selección de subconjunto. Un subconjunto de datos se selecciona para obtener más comprensión.
- Cambio de tipo de variable. Una variable numérica se piensa en términos categóricos o una variable categórica se piensa en términos numéricos u ordinales.
- Cálculo de frecuencia. Las frecuencias de ocurrencia de valores de una variable categórica. Crea una nueva variable.
- Cálculo de proporción. Proporciones, fracciones con relación al todo. Esto crea una nueva variable. Algunas o todas las variables en los datos (en su forma presente) son graficadas o tabuladas.
- Graficación / Tabulación. Algunas o todas las variables en los datos (en su forma presente) son graficadas o tabuladas.
- Cálculo de tendencia central. Una medida de tendencia central (por ejemplo, la media) para una variable. Puede crear una nueva variable.
- Cálculo de medidas de dispersión. Alguna medida de dispersión de los valores asociado con una variable numérica. Puede crear una nueva variable.
- Otros cálculos. Término genérico, reconocer que son posibles otros cálculos estadísticos sobre los datos (por ejemplo, la suma, coeficientes de correlación, etc.).

Chick et al. (2005) señalan que, para entender una representación a partir de unos datos de situaciones reales, es necesario comprender las siguientes etapas: i) captación de los datos del mundo real, asegurando la corrección de la información y su recogida, utilizando medidas que permitan un análisis significativo; ii) reorganización y cálculo a partir de los datos, tomando resultados del conjunto de ellos y buscando el mensaje que encierra, y iii) comunicación de los datos mediante alguna representación que sea convincente. Los autores afirman que la transnumeración entra en juego en la segunda fase, implicando la organización y el resumen de los datos, reconociendo que muchas representaciones son necesarias para la comprensión de una situación real. De igual modo, Batanero et al. (2013) contemplan tres tipos de transnumeración: i) al medir las cualidades o características del mundo real, ii) al pasar de los datos brutos a una representación tabular o gráfica que permita extraer su sentido, y iii) al comunicar el significado que surge de los datos, de forma que sea comprensible a otros.

Para Estrella y Olfos (2015), el proceso de transnumeración revela el sentido de organizar los datos para obtener información. Por ejemplo, tabular los datos requiere

determinar la presentación de datos con claridad, lo que involucra realizar una abstracción de las variables cuantitativas y cualitativas desde el contexto para construir una tabla, evidenciar el uso de las técnicas de agrupamiento, el cálculo de las frecuencias y la tabulación. Por tanto, se esperaría que los alumnos con pensamiento transnumerativo notasen patrones al observar o interpretar dicha tabla. Según estos autores, reconocer las técnicas transnumerativas permite tener herramientas para formar alumnos estadísticamente cultos, que usen las representaciones para buscar la comprensión a través de los datos, y ayuda al profesor a valorar los procesos con el fin de profundizar en la comprensión y desarrollar un pensamiento estadístico. En el mismo sentido, señalan que este proceso incluye diferentes técnicas, tales como: i) reclasificación de los datos, ii) cálculo de valores representativos de los datos agrupados de una variable y iii) representación de los datos en bruto o transformados en tablas o gráficos.

El concepto de transnumeración es modificado por ciertos autores, añadiendo otros elementos básicos de la alfabetización estadística. Por ejemplo, English y Watson (2018) refieren la transnumeración al papel específico que desempeña el contexto en una investigación estadística, donde se buscan diferentes enfoques para encontrar y transmitir el significado de los datos. Destacan también el importante papel de la transnumeración en la interpretación y comprensión de los datos dentro de un contexto dado.

### **3. Metodología de evaluación y muestra**

Según Gal (2002), una persona debiera poder interpretar críticamente los datos estadísticos que encuentra en su vida diaria. Esto supone no sólo la lectura literal de ellos, sino también conocer los convenios de construcción de los diferentes tipos de parámetros, gráficos y tablas estadísticas, y ser capaz de construirlos e interpretarlos correctamente. Así, en el modelo de alfabetización estadística que propone, adoptado en la presente investigación, los conceptos y objetos estadísticos involucrados forman parte de una componente relacionada con los elementos de conocimiento, la denominada como destrezas estadísticas.

Además, se considera que uno de los elementos más importantes en la transnumeración son los gráficos estadísticos, sus sistemas de representación, así como el paso de uno a otro para generar conocimiento. Por tanto, para evaluarla como parte de la alfabetización estadística de los futuros profesores de Educación Primaria, se ha optado por utilizar gráficos sustraídos de los medios de comunicación ya que, de acuerdo con Espinel et al. (2009), Makar y Fielding-Wells (2011) o Watson (1997), los medios de comunicación proporcionan ejemplos (titulares, datos, gráficos o tablas) que podrían servir para relacionar la estadística y la probabilidad con los eventos cotidianos.

Esta investigación forma parte de un estudio integral sobre la alfabetización estadística observada en una muestra de estudiantes del Grado de Educación Primaria

de la Universidad de Granada. En concreto, el estudio considera 653 profesores en formación que, durante el periodo 2018-2019, cursan dicha titulación. De ellos se conoce que han cursado, además de la formación obligatoria de estadística descrita en las normativas curriculares (MEC 2006a; 2006b; 2007; 2014a; 2014b), dos asignaturas relacionadas con la matemática y su didáctica, si bien el tiempo que en ellas se dedica a la enseñanza y aprendizaje de estadística no alcanza las dos semanas. Como instrumento de recogida de información se utiliza un cuestionario específico diseñado y validado para tal fin (Contreras et al., 2017; Molina-Portillo et al., 2017). El cuestionario resultante, está constituido por un conjunto de cinco noticias que utilizan gráficos estadísticos simples (Figura 1 - 5), creados de forma sesgada o incorrecta por algún medio de comunicación tales como la prensa y la televisión. Con ellas se pretende evaluar todas las componentes de la alfabetización estadística propuestas por Gal (2002) en los siguientes gráficos estadísticos elementales: un diagrama de barras, de sectores, de líneas, de áreas y un pictograma. Por tanto, las tareas a realizar ponen en juego tanto los elementos de conocimiento como los elementos disposicionales propuestos en dicho modelo. Los gráficos elegidos se presentan a continuación y los errores y/o sesgos subyacentes que tendrían efecto en esta investigación son descritos posteriormente:

### Si la empresa quiebra, ¿a quién reclama el cliente?

El consumidor es el acreedor más débil cuando se produce una insolvencia. Recuperar el dinero supone ponerse a la cola en complejos procesos judiciales. Muchos no llegan a cobrar nunca

#### CREACIÓN Y DISOLUCIÓN DE EMPRESAS EN ESPAÑA

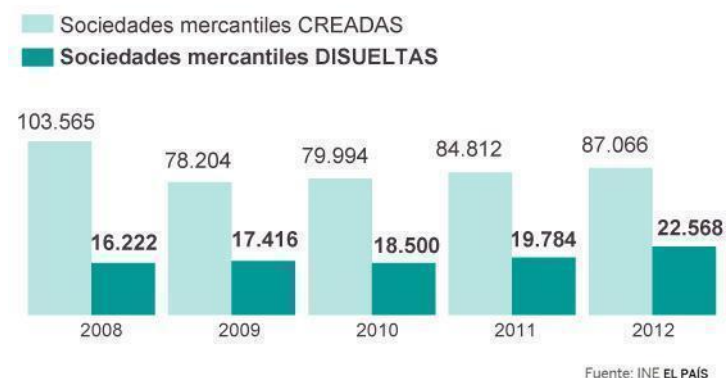


Figura 1. Gráfico de barras adosadas. Número de sociedades mercantiles creadas y disueltas en España entre los años 2008 y 2012.

Fuente: Noticia extraída del diario elpais.com



### LA SORPRENDENTE MANERA DE PERDER UN DEBATE POLITICO – ESTRATEGIAS ELECTORALES

October 19, 2013 - by viamel - in Elecciones 2013, Política - Leave a comment

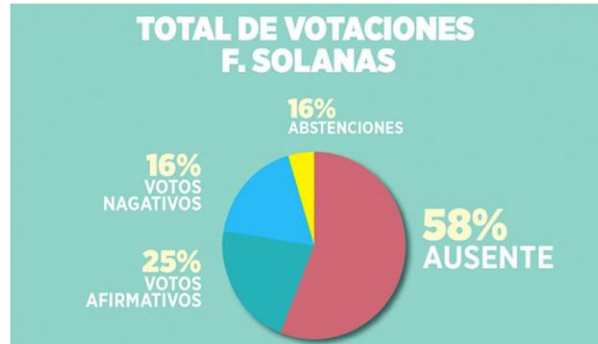


Figura 2. Gráfico de sectores. Votaciones realizadas por un político durante su mandato. Fuente: Noticia extraída de la web limmeridge.wordpress.com



Figura 3. Gráfico de líneas. Hipotecas constituidas en España desde 2007 hasta 2014. Fuente: Gráfica extraída del Canal 24 horas



## Los funcionarios se cansan de cargar con los recortes

Miles de empleados públicos se preparan para participar en la marcha de protesta

Acumulan rebajas salariales y recortes en sus derechos desde 2010

Los sindicatos de función pública denunciarán al Gobierno ante la OIT



Figura 4. Gráfico de áreas. Gasto total del sector público en remuneración de asalariados desde 1985 a 2011.

Fuente: Noticia extraída del diario elpais.com



Figura 5. Pictograma. Venta anual de vinos españoles en siete países. Periodo 2006-2008.

Fuente: Noticia extraída del diario El Economista

Concretamente, para evaluar la destreza estadística mostrada en el proceso de transnumeración por parte de los participantes, siguiendo el marco propuesto por Chick (2004), para cada una de las noticias se les pidió a los futuros profesionales de Educación Primaria que realizarán las siguientes tareas:

- Representa la información usando una tabla.
- Representa la información usando un gráfico que consideres apropiado. Justifica la elección.
- Indica de qué otra manera (diferente a las anteriores), y cómo, se podrían analizar los datos para interpretar la información y obtener conclusiones.

En los términos descritos por la autora, el primer ítem involucra un cambio en la representación que conlleva una reorganización de los datos en una forma diferente. En esta tarea se solicita que se realice una tabla de frecuencias en la que se muestre la información presente en cada una de las gráficas estudiadas. Ya en esta primera actividad, los participantes deben percibir los sesgos en cada una de las representaciones mostradas. Así, en la Figura 1, Figura 3 y Figura 5 se tendría que notar que el formato tabular de los datos debe corresponder con el valor numérico que se presenta en la imagen, percibiendo la ausencia del eje de ordenadas y la no proporcionalidad de la representación de cada una de las variables mostradas. Además, en la última de estas imágenes se debería observar la no secuenciación de los años en el eje de abscisas que puede dar lugar a errores en la asignación de los valores numéricos. En la Figura 2, al construir la tabla estadística debe quedar manifiesto el hecho de que los porcentajes presentados suman más del 100%. De igual manera, en la Figura 4 sería necesario percibir la utilización de intervalos de igual amplitud referidos a distintos periodos de tiempo.

El ítem 2 implica una visualización gráfica diferente de los datos que se muestran, es decir, se pretende que los participantes representen la misma información utilizando un gráfico distinto al proporcionado, que sea apropiado para la variable en estudio, donde además puedan corregir y/o notar sesgos y errores de las representaciones originales (Figuras 1-5).

Finalmente, en el último de los ítems (ítem 3), el marco de transnumeración adoptado conlleva el uso de alguna o varias de las técnicas descritas en él, tales como agrupamiento, cambio de tipo de variable, cálculo de medidas de tendencia central y/o determinar las tendencias presentes.

En la presente investigación se ha realizado un análisis descriptivo de las respuestas a las tareas propuestas a los profesores en formación. Para ello, siguiendo la notación del estudio en el que se integra la presente investigación, se ha categorizado el tipo de respuesta como respuesta correcta (notada por 2) o respuesta incorrecta (notada por 0), destacando en este estudio la ausencia de respuestas parcialmente correctas (notada por 1). En este sentido se debe precisar que se ha considerado respuesta correcta aquella en la que, bien identificando explícitamente los sesgos que presentan las imágenes suministradas o bien haciéndolo de forma implícita, se ha realizado una conversión adecuada de la información. En cambio, para estudiar detalladamente los errores cometidos, se establecen las siguientes subcategorías para las respuestas incorrectas:

- 0.1 Realiza incorrectamente la transnumeración. Esta subcategoría engloba al alumnado que no es capaz de establecer los elementos estructurales de la tabla (ítem 1), del gráfico (ítem 2) o determinar la posición de los elementos que lo componen (ítem 1 y 2). Asimismo, considera a aquellos que proponen sistemas de representación diferentes al tabular y gráfico ya analizados, sin que estos permitan adquirir conocimiento, por realizarlo incorrectamente o porque lo propuesto no se puede deducir de los datos representados en el gráfico original (ítem 3).

- 0.2 No realiza la transnumeración solicitada. En esta subcategoría, el error consiste en usar el mismo gráfico que el proporcionado o simplemente identificar y sugerir un gráfico distinto y válido para representar tal información, pero sin llegar a realizarlo (ítem 2). En el ítem 3 se constata cuando se incide en representar nuevamente la información en forma tabular o gráfica, sin contemplar otra forma posible de representación distinta a las ya planteadas.
- 0.3 No contesta. Se considera esta subcategoría debido a que en las tres tareas hay un porcentaje de no respuesta para alguno o varios de los gráficos propuestos.

Como parte de este análisis descriptivo, tras analizar las frecuencias por tipo de respuesta, mediante la asignación de 0 o 2 puntos, para respuestas incorrectas y correctas, respectivamente, se ha obtenido la *puntuación media de los ítems* del cuestionario y su *dispersión*, para cada gráfico estudiado. De igual forma se calcula también una *puntuación media total del ítem*, considerando la suma de las notas obtenidas para cada uno de dichos gráficos, y una *puntuación global para la transnumeración*, considerando el promedio de la puntuación media total para cada ítem.

Además, se ha realizado un análisis de correlaciones para escalas ordinales utilizando el *coeficiente Tau-b de Kendall*. Este coeficiente no paramétrico permite estudiar la asociación, positiva o negativa, entre las puntuaciones obtenidas en una misma tarea en función del gráfico de estudio. Para ello se establece como hipótesis nula la no existencia de correlación entre las puntuaciones obtenidas en la resolución de una tarea para los distintos gráficos, con un nivel de significación del 0,05. En esencia, se estudia si existe relación entre el tipo de respuesta proporcionada en función del gráfico primario para la transnumeración a formato tabular, a otro gráfico y otro formato distinto.

Por otro lado, teniendo en cuenta la puntuación otorgada a las respuestas incorrectas y respuestas correctas, se ha calculado el *índice de dificultad* (Morales, 2009) para cada uno de los ítems. Para ello ha sido necesario determinar el alumnado que se considera como estudiante de bajo rendimiento, y aquel otro que se definirá como de alto rendimiento. Esto es posible mediante el cálculo para cada uno de los ítems del percentil 25 ( $P_{25}$ ) y el percentil 75 ( $P_{75}$ ), respectivamente. Estos valores también se utilizan para el cálculo del *índice de discriminación*, expresando así cuando, en la realización de una misma tarea, la utilización de un gráfico estadístico produce o no una discriminación apropiada entre el alumnado de ambos grupos.

Finalmente, complementando al análisis previo, se ha realizado el *contraste de hipótesis t de igualdad de medias para muestras independientes* entre los grupos con puntuaciones inferiores al  $P_{25}$  y superiores al  $P_{75}$ . Este test permite comprobar si para cada ítem existen diferencias significativas entre los estudiantes de bajo rendimiento (con puntuación final inferior o igual al  $P_{25}$ ) y el alumnado de alto rendimiento (con puntuación final igual o superior a  $P_{75}$ ).

#### 4. Resultados

El análisis de las respuestas aportadas por los futuros profesores de Educación Primaria (Figura 6) muestra un razonamiento transnumerativo excelente en la transición de la información aportada mediante un gráfico estadístico a un formato tabular (ítem 1). En esta tarea, los participantes alcanzan un porcentaje de respuesta correcta superior al 90% en todos los gráficos, excepto en el diagrama de líneas que, debido al porcentaje de no respuesta, bajó al 81%. No obstante, hay que notar que prácticamente la totalidad de respuestas correctas se producen sin indicar explícitamente los errores o sesgos que se dan en los gráficos iniciales.

En la representación de la información utilizando un gráfico distinto al proporcionado (ítem 2), los resultados muestran una alta dificultad para identificar qué tipo de gráfico estadístico es apropiado para el tipo de variable estadística proporcionada en cada una de las noticias. En el caso de las respuestas correctas destaca el uso de tres tipologías de gráfico (barras, sectores y líneas). El diagrama de barras cuenta con el 36% de respuestas correctas a la hora de representar la información publicada en el diagrama de sectores (identificando el sesgo de que los porcentajes suman más de 100%), y con un 35% cuando se transnumera la proporcionada por el pictograma. Finalmente, el gráfico de barras adosadas se transforma predominantemente en un gráfico de líneas para la realización de la actividad (29%).

Por otro lado, los peores resultados se observan al identificar otra forma, distinta de la representación gráfica y tabular, que permita analizar los datos y obtener conclusiones (ítem 3). Esta actividad ni siquiera alcanza un 1% de respuestas correctas en tres de los gráficos de estudio (diagrama de sectores, de áreas y pictograma), y para el gráfico de barras y líneas apenas alcanza el 7% y 8%, respectivamente. En el caso del diagrama de barras, la mayoría de las respuestas correctas hacen referencia a la creación de una variable alternativa (diferencia entre empresas creadas y disueltas) que representa a las dos variables presentes en el gráfico. Por otro lado, en el caso del diagrama de líneas, la única transnumeración considerada es aquella en la que se crea una variable que muestra la diferencia entre la frecuencia de hipotecas constituidas en los periodos donde se tiene algún valor numérico representado.

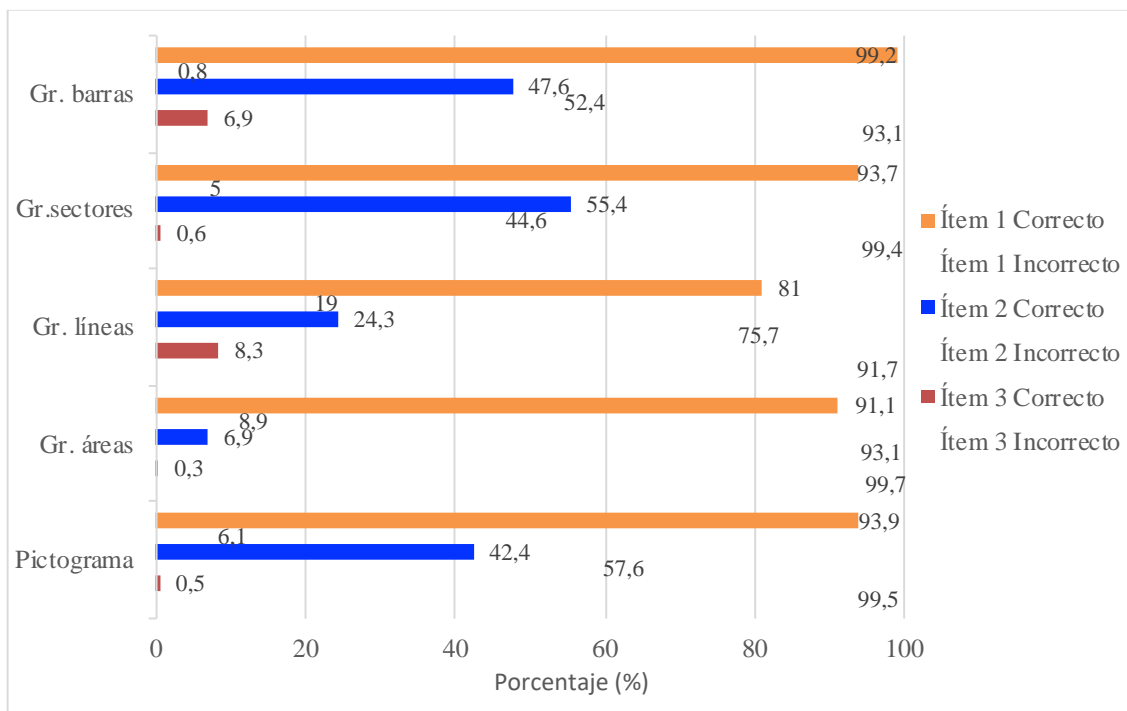


Figura 6. Porcentaje de tipología de respuesta a cada tarea según el gráfico utilizado.

Nota: las tareas solicitadas son la transnumeración de gráfico a tabla (ítem 1), a otro gráfico (ítem 2) y a otra forma de representación (ítem 3)

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 1 muestra el análisis descriptivo de los errores que se comenten en cada uno de los ítems. En el cambio a un formato tabular (ítem 1), siendo muy pocas las respuestas incorrectas, destaca el caso del diagrama de sectores. En la noticia así representada, la mayoría de los fallos se producen por intentar estimar los valores a partir de la proporcionalidad geométrica. Esta acción se considera que viene motivada por la detección de los sesgos por parte de los participantes, si bien no se hace explícito en las respuestas aportadas. En el caso de la información facilitada mediante el diagrama de líneas, la mayor parte de los errores se originan al pretender estimar posibles valores aproximados e incorrectos cuando no se proporciona la frecuencia en el gráfico inicial. En base a esta característica, destaca también el alto porcentaje de no respuesta en dicho gráfico, un 16%.

En el caso de realizar la transnumeración de gráfico a gráfico (ítem 2), excepto para la noticia presentada mediante el pictograma, prevalece la subcategoría de error '0.2 no realizar la transnumeración solicitada'. Este hecho principalmente se produce porque no se identifican los sesgos presentes en los gráficos originales, por lo que se consideran correctos sin proponer otros posibles, o también porque se sugiere otro tipo de gráfico, pero no se llega a realizar. Destacan en este caso el gráfico de líneas y de áreas, con un 40% y 47%, respectivamente. Las incorrecciones en la realización de la transnumeración (subcategoría 0.1) radican en representar los valores mediante gráficos sesgados, ya sea porque presentan errores estructurales (falta de ejes o etiquetas, uso inapropiado de elementos especificadores, etc.) o porque no se puede utilizar el gráfico propuesto con el tipo de variable estudiada (por ejemplo,

representar los valores del gráfico de sectores mediante un gráfico de líneas o representar la información del diagrama de líneas o el diagrama de áreas mediante un gráfico de sectores).

Por otro lado, como se ha comentado anteriormente, la conversión de la información que aparece en el gráfico a otro tipo de representación (ítem 3) es la que presenta los porcentajes más altos de error para todos los gráficos estudiados. Por subcategorías es prácticamente igual de frecuente proponer una representación incorrecta (subcategoría 0.1, en torno al 50% de las respuestas) como no identificar una forma diferente de presentar los datos distinta a la tabular o gráfica (subcategoría 0.2, entre el 32% y 40% de las respuestas dadas).

Tabla 1

*Análisis por categoría de respuesta incorrecta para cada una de las tareas. Número de casos y porcentaje (%) respecto del total de respuestas en cada tarea.*

	Tipo error	Gráfico				
		Gr. barras	Gr. sectores	Gr. líneas	Gr. áreas	Pictograma
Gráfico-tabla Ítem 1	0.1	3(0,5)	33(5,0)	17(2,6)	5(0,8)	5(0,8)
	0.2	--	--	--	--	--
	0.3	2(0,3)	--	107(16,4)	53(8,1)	35(5,4)
Gráfico-gráfico Ítem 2	0.1	109(16,7)	61(9,3)	235(36,0)	242(37,1)	271(41,5)
	0.2	226(24,7)	230(35,3)	259(39,7)	306(46,9)	37(5,7)
	0.3	7(1,1)	--	--	60(9,2)	68(10,4)
Gráfico-otra Ítem 3	0.1	347(53,1)	353(54,1)	322(49,3)	341(52,2)	331(50,7)
	0.2	223(34,2)	264(40,4)	211(32,3)	249(38,1)	235(36,0)
	0.3	38(5,8)	32(4,9)	66(10,1)	61(9,3)	84(12,9)

Nota. 0.1 Realiza incorrectamente la transnumeración; 0.2 No realiza la transnumeración solicitada; 0.3 No contesta

En concordancia con los resultados del análisis de frecuencias, el consecuente análisis descriptivo incide en que los mejores resultados se han obtenido en el primer ítem, con una puntuación media superior a 1,62 (sobre 2) para cada gráfico de estudio, y con una puntuación media total de 9,2 (sobre 10), obteniendo una nota total superior a 8 (Figura 7) en el 75% de los futuros profesores. En el segundo ítem, la puntuación media obtenida para cada gráfico se reduce considerablemente, siendo todas inferiores a la media obtenida para el diagrama de sectores, un 1,1 (sobre 2), y siendo la más baja la obtenida para el diagrama de áreas, con un 0,14. La puntuación media total para esta actividad tiene un valor de 3,53, y una mediana de 4 sobre 10, lo cual indica que el 50% de los participantes responden correctamente como mucho solo en dos de los cinco gráficos de estudio. En particular, solo un 1,4% de los participantes realiza esta transnumeración de forma correcta en todos los gráficos presentados. Para el tercer ítem, los resultados para todos los gráficos tienen una puntuación media inferior a 0,17 (sobre 2), obtenida esta para el gráfico de líneas, e igual a 0,01 para el diagrama de sectores, áreas y pictograma. Esto conlleva una puntuación media total de 0,33 (sobre 10), evidenciándose que prácticamente la totalidad de los participantes no responden correctamente a este ítem en ninguno de los gráficos de estudio y, siendo muy pocos los que lo logran realizar en uno o dos de los gráficos presentados. Finalmente, la puntuación global para la transnumeración es inferior o igual a 4 puntos para el 50% de los participantes, siendo superior a 5 puntos solo para algo más del 25%.

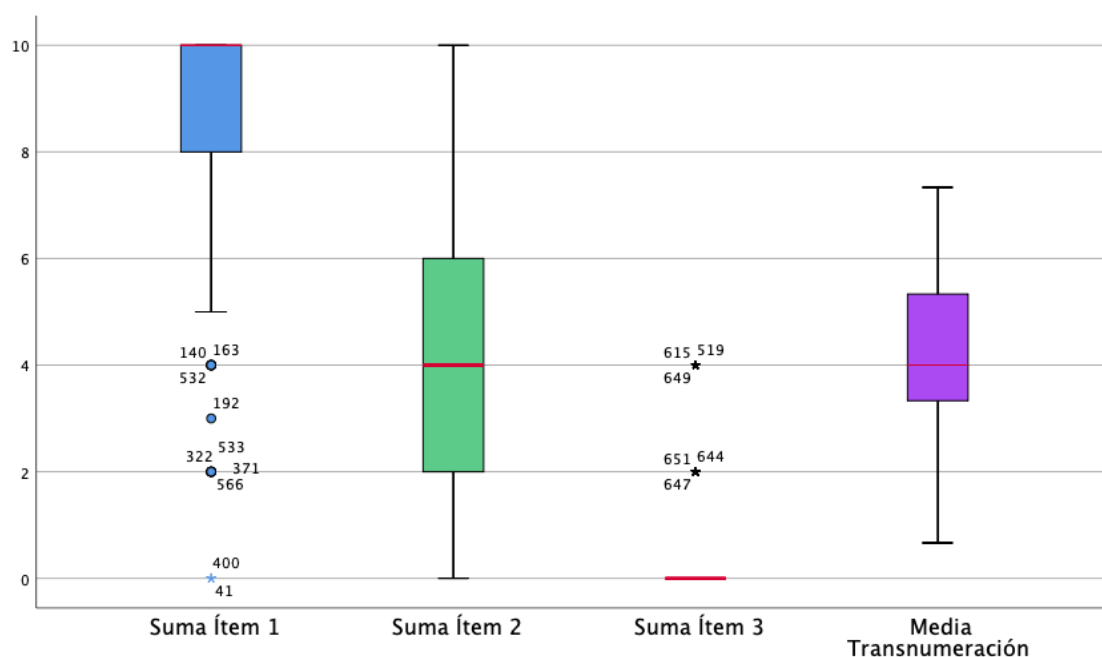


Figura 7: Puntuación media total para cada tarea y puntuación global para transnumeración.

Nota: las tareas solicitadas son la transnumeración de gráfico a tabla (ítem 1), a otro gráfico (ítem 2) y a otra forma de representación (ítem 3)

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente Tau-b de Kendall para analizar las correlaciones entre escalas ordinales (Tabla 2) nos indica que se rechaza la hipótesis nula de no existencia de correlación en la resolución de la tarea propuesta en el ítem 1 para los distintos gráficos. En otras palabras, con un nivel de confianza del 95% se puede afirmar que



existe correlación en el tipo de respuesta para la transnumeración a forma tabular entre los distintos gráficos, si bien los coeficientes de correlación ( $R^2$ ) nos indican que todas son bajas (entre 0,2 y 0,4) o muy bajas (menores que 0,2). Aunque bajas, destaca entre las de mayor magnitud (entre 0,21 y 0,31) la correlación entre el gráfico de sectores con cualquier otro gráfico estudiado en la resolución de la actividad, si bien la más alta se produce entre el diagrama de líneas y el de áreas (0,36). Esta característica del diagrama de sectores desaparece en el análisis de correlación tanto en las respuestas al ítem 2 como al ítem 3, garantizándose la no correlación entre dicho diagrama y otro tipo de gráfico, a excepción de la que se produce con el diagrama de barras. Además, para el ítem 2 tampoco hay correlación entre el diagrama de áreas y el pictograma, si bien se mantienen el resto de las correlaciones con magnitud muy baja, o baja en el caso del gráfico de líneas y el pictograma. Para el ítem 3 solo se mantiene una correlación baja entre el gráfico de barras con el gráfico de sectores (0,21), o con el gráfico de líneas (0,20).

Tabla 2  
Correlaciones Tau-b de Kendall según el tipo de respuesta para los distintos gráficos en cada tarea.

			Gr. Barras	Gr. Sectores	Gr. Líneas	Gr. Áreas	Pictograma
Gráfico-tabla Ítem 1	Gr. Barras	Tau-b	--	0,211	0,092	0,158	0,124
		p-valor	--	0,000	0,019	0,000	0,002
	Gr. Sectores	Tau-b	--	--	0,312	0,277	0,272
		p-valor	--	--	0,000	0,000	0,000
	Gr. Líneas	Tau-b	--	--	--	0,357	0,088
		p-valor	--	--	--	0,000	0,025
	Gr. Áreas	Tau-b	--	--	--	--	0,302
		p-valor	--	--	--	--	0,000
	Pictograma	Tau-b	--	--	--	--	--
		p-valor	--	--	--	--	--
Gráfico-gráfico Ítem 2	Gr. Barras	Tau-b	--	0,133	0,145	0,104	0,168
		p-valor	--	0,001	0,000	0,008	0,000
	Gr. Sectores	Tau-b	--	--	-0,008	0,061	0,065
		p-valor	--	--	0,834	0,117	0,097
	Gr. Líneas	Tau-b	--	--	--	0,113	0,221
		p-valor	--	--	--	0,004	0,000
	Gr. Áreas	Tau-b	--	--	--	--	0,036
		p-valor	--	--	--	--	0,363
	Pictograma	Tau-b	--	--	--	--	--
		p-valor	--	--	--	--	--
Gráfico-otra Ítem 3	Gr. Barras	Tau-b	--	0,211	0,204	-0,015	-0,018
		p-valor	--	0,000	0,000	0,700	0,637
	Gr. Sectores	Tau-b	--	--	-0,024	-0,004	-0,005
		p-valor	--	--	0,547	0,912	0,892

Gr. Líneas	Tau-b	--	--	--	-0,017	-0,020
	p-valor	--	--	--	0,671	0,602
Gr. Áreas	Tau-b	--	--	--	--	-0,004
	p-valor	--	--	--	--	0,923
Pictograma	Tau-b	--	--	--	--	--
	p-valor	--	--	--	--	--

Los índices de dificultad y discriminación calculados para cada tarea sobre cada uno de los gráficos de estudio (Tabla 3) subrayan los resultados observados en el análisis descriptivo, si bien permiten un análisis más pormenorizado. Así, para el cambio de representación gráfica a tabular (ítem 1), se obtiene un alto índice de dificultad que indica que la respuesta ha resultado fácil al profesorado en formación. El índice de discriminación muestra que la actividad discrimina entre alumnado de alto y bajo rendimiento únicamente en el gráfico en el que resulta algo más compleja su realización (menor índice de dificultad), el gráfico de líneas. En cambio, para la obtención de otro gráfico (ítem 2) se muestran distintos grados de dificultad según el gráfico original (entre dificultad media para el gráfico de sectores y muy elevada para el gráfico de áreas), y una mejor discriminación en los gráficos primarios que no han resultado tan difíciles, el gráfico de barras y el pictograma. Finalmente, tal como se deducía del análisis descriptivo, la reorganización de la información en un formato distinto al tabular y gráfico (ítem 3), ha resultado una actividad muy compleja, casi imposible, a los participantes en el estudio. Muestra de ello son los índices de dificultad obtenidos, con una magnitud de prácticamente 0 o, en el mejor de los casos, inferior a 0,1 (para el diagrama de líneas y de barras), siendo estos los únicos casos en los que esta actividad discrimina de forma moderada.

Tabla 3  
Índices de dificultad y discriminación para cada ítem según el gráfico estudiado.

		I. dificultad	I. discriminación
Gráfico-tabla Ítem 1	Gr. barras	0,99	0,03
	Gr. sectores	0,94	0,20
	Gr. líneas	0,81	0,71
	Gr. áreas	0,91	0,33
	Pictograma	0,94	0,23
Gráfico-gráfico Ítem 2	Gr. barras	0,43	0,75
	Gr. sectores	0,50	0,53
	Gr. líneas	0,26	0,55
	Gr. áreas	0,08	0,18
	Pictograma	0,39	0,72
Gráfico-otra Ítem 3	Gr. barras	0,069	0,49
	Gr. sectores	0,006	0,04
	Gr. líneas	0,083	0,59
	Gr. áreas	0,003	0,02

Pictograma

0,005

0,03

Los contrastes de hipótesis *t* de igualdad de medias para muestras independientes entre los grupos de bajo y alto rendimiento (Tabla 4) ponen de manifiesto que existen diferencias significativas entre ambos grupos en las dos primeras tareas, para todos los gráficos estudiados. Sin embargo, en la actividad de transnumeración a un formato distinto al tabular y gráfico (ítem 3), existen diferencias significativas entre los grupos de alto y bajo rendimiento cuando se realiza el ejercicio sobre el gráfico de barras, de sectores y sobre el de líneas, no observándose tales diferencias en la tarea sobre el resto de los gráficos analizados.

Tabla 4

*Contraste de hipótesis T para muestras independientes P<sub>25</sub>-P<sub>75</sub>*

	Ítem 1. Gráfico-tabla		Ítem 2. Gráfico-gráfico		Ítem 3. Gráfico-otra	
	t	p-valor	t	p-valor	t	p-valor
Gr. barras	-2,262	0,025	-24,093	0,000	-9,334	0,000
Gr. sectores	-6,423	0,000	-13,102	0,000	-2,034	0,045
Gr. líneas	-20,713	0,000	-13,438	0,000	-11,372	0,000
Gr. áreas	-9,301	0,000	-5,684	0,000	-1,422	0,158
Pictograma	-7,186	0,000	-21,090	0,000	-1,751	0,083

*Nota:* En todos los casos, no se asumen varianzas iguales

## 5. Conclusiones

La presente investigación produce información sobre una de las fundamentales, y no suficientemente explorada, componentes del pensamiento estadístico identificadas por Pfannkuch y Wild (2004), la transnumeración. Mediante su análisis y su relación con la necesidad de los datos, las formas de trabajo y las diferentes formas de representación de la información estadística, se evalúa la alfabetización estadística. Para ello, al realizar los cambios de representación solicitados se estudia la comprensión de la información facilitada mediante gráficos estadísticos elementales (considerados en la mayoría de los currículos educativos actuales) publicados en noticias de diferentes medios de comunicación. Los resultados indican una gran capacidad para transformar la información de un formato gráfico propuesto a un formato tabular, ya que en la mayoría de los gráficos de estudio el porcentaje de realización correcta supera al 90%. Ello muestra que está muy arraigada en la formación estadística de estos futuros profesores la tabulación de los datos en el sentido expuesto por Estrella y Olfos (2015), es decir, la organización de estos, la presentación clara y las técnicas de agrupamiento de la información. Sin embargo, el hecho de no incluir las dificultades presentadas en el momento de la conversión sugiere que se realiza de una forma cuasi-mecánica y sin obtener nueva información a partir del proceso realizado, en la misma línea que lo revelado en la investigación de López-Huayhualla (2017). Quizás este hecho podría explicarse por la forma de educación estadística que los participantes recibieron incluso a edades tempranas, posiblemente

basada más en la forma procedimental de obtención de los diferentes elementos estadísticos, que en el razonamiento estadístico de tal información.

En cuanto a la reorganización de la información utilizando un gráfico estadístico distinto al proporcionado, los resultados sí muestran diferentes dificultades en función del tipo de gráfico primario. Así, si bien la tarea que utiliza el diagrama de barras, sectores y pictograma, es realizada correctamente por la mitad de los participantes, en el caso del diagrama de líneas y áreas este porcentaje desciende hasta el 25% y al 7%, respectivamente. Esto no solo indica falta de capacidad transnumerativa en los estudiantes sino también falta de comprensión de tales gráficos estadísticos, así como de la información que transfieren, sus convenciones, sus elementos básicos y las relaciones que se establecen en ellos, ignorándose los principios identificados para tal comprensión por Tversky (2001). En consecuencia, esos gráficos estadísticos dejan de ser útiles para la transmisión de la información estadística, la resolución de problemas en el sentido expuesto por Hegarty y Kozhexnikov (1999) y para la toma de decisiones.

En la misma línea, realizar otro tipo de presentación de la información estadística contenida en los gráficos para las noticias analizadas, es una tarea que la mayoría no es capaz de realizar. Esto pone de manifiesto que muy pocos futuros docentes son capaces de aplicar ciertas técnicas transnumerativas que involucren algún cambio en la representación utilizando las técnicas propuestas por Chick (2004). Es más, para realizar el cambio propuesto frecuentemente se recurre a la creación de una nueva variable de diferencias, sin calcular frecuencias, medidas de tendencia central u otros cálculos que resuman de forma global tal información estadística. En consecuencia, la reorganización y el cálculo a partir de los datos facilitados, descrita como etapa del pensamiento transnumerativo por Chick et al. (2005), no tiene lugar para los que serán los encargados de transferir el conocimiento estadístico. Esta afirmación se sustenta no solo en la consideración de esta última tarea sobre cualquiera de los gráficos analizados, sino que al considerar la transnumeración global como promedio de las técnicas transnumerativas consideradas a partir de las puntuaciones medias obtenidas en cada tarea, son solo algo más del 25% los estudiantes que logran una puntuación igual o superior a 5 puntos (sobre 10).

Por tanto, los resultados de esta evaluación indican una dificultad manifiesta a la hora de realizar el cambio entre diferentes formas de representación, agravada especialmente cuando la técnica solicitada es diferente a la 'graficación/tabulación', estando esta muy arraigada en la alfabetización estadística de los profesores en formación. En este sentido, coincidiendo con la necesidad de formación descrita por Pfannkuch (2008), los futuros docentes precisan disponer de las técnicas transnumerativas adicionales, no solo basadas en la elaboración procedimental de tablas, gráficos y medidas numéricas de forma procedimental y sin establecer las conexiones entre ellas (Cooper y Shore, 2010), sino que los datos, el contexto y la forma de representarlos (Estrella y Olfos, 2012) les ayuden a fomentar las representaciones en su alumnado, la consideración de otras opciones y el cambio entre estas, es decir, el proceso de transnumeración y el fomento del razonamiento estadístico.

Finalmente, como se ha indicado, el presente estudio se enmarca en una investigación integral sobre alfabetización estadística bajo el modelo propuesto por Gal (2002). En este sentido, los resultados encontrados aportan información directa sobre las destrezas estadísticas de los participantes y cómo entienden las estadísticas que se producen actualmente, revelando a su vez el conocimiento del contexto que manifiestan al dotarlas de significado para conseguir otras representaciones. Estos hallazgos, además de proporcionar conocimiento sobre dichas componentes del modelo, y por ende sobre la alfabetización estadística de los participantes, permiten identificar como predominante el conocimiento procedimental de la materia obtenido como resultado de la formación estadística en niveles académicos anteriores, más allá del análisis curricular en estos. Este hecho junto con los bajos niveles de éxito encontrados en dos de los tres ítems estudiados, y en línea con las recomendaciones internacionales (por ejemplo, Bargagliotti et al. 2020), insta a promover una educación estadística centrada en su utilidad, su aplicación en la vida diaria, el debate que en público y privado se puede realizar en torno a ella y en la toma de decisiones basada en la evidencia que esta proporciona. Sin embargo, aunque la presente investigación puede considerarse una buena medición de la alfabetización estadística en futuros profesores de Educación Primaria por su metodología y gran tamaño muestral, la no aleatorización en el diseño muestral no permite la generalización de los resultados encontrados. Por ello, son necesarios estudios complementarios que sienten las bases de una adecuada formación estadística de los ciudadanos y, en particular, de los docentes en formación como elemento fundamental en la transferencia de dicho conocimiento.

### Referencias bibliográficas

- Agnoli, F. y Krantz, D. H. (1989). Suppressing natural heuristics by formal instruction: The case of the conjunction fallacy. *Cognitive Psychology*, 21(4), 515-550. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(89\)90017-0](https://doi.org/10.1016/0010-0285(89)90017-0)
- Agus, M., Peró-Cebollero, M., Penna, M. P. y Guàrdia-Olmos, J. (2015). Towards the development of problems comparing verbal-numerical and graphical formats in statistical reasoning. *Quality & Quantity*, 49(2), 691-709. <https://doi.org/10.1007/s11135-014-0018-7>
- Bargagliotti, A., Franklin, C., Arnold, P., Gould, R., Johnson, S., Perez, L. y Spangler, D. (2020). *Pre-K-12 Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education (GAISE) Report II*. American Statistical Association and National Council of Teachers of Mathematics.
- Batanero, C., Díaz, C., Contreras, J. M. y Roa, R. (2013). El sentido estadístico y su desarrollo. *Números. Revista de didáctica de las Matemáticas*, 83, 7-18.
- Brase, G. L. (2009). Pictorial representations in statistical reasoning. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition*, 23(3), 369-381. <https://doi.org/10.1002/acp.1460>

- Chick, H. (2004). Tools for Transnumeration: Early Stages in the Art of Data Representation. En L. Bragg, C. Campbell, G. Herbert y J. Mousley (Eds.), *Mathematics education research: Innovation, networking, opportunity (Proceedings of the 26th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia)* (Issue January, pp. 207-214). Merga.
- Chick, H., Pfannkuch, M. y Watson, J. (2005). Transnumerative thinking: finding and telling stories within data. *Curriculum Matters*, 1, 86-107.
- Contreras, J. M., Molina-Portillo, E., Godino, J. D. y Batanero, C. (2017). Construcción de un cuestionario para evaluar la interpretación crítica de gráficos estadísticos por futuros profesores. En *Investigación en Educación Matemática XXI* (pp. 207-216). Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática - SEIEM.
- Cooper, L. L. y Shore, F. S. (2010). The effects of data and graph type on concepts and visualizations of variability. *Journal of Statistics Education*, 18(2), 1-16. <https://doi.org/10.1080/10691898.2010.11889487>
- English, L. D. y Watson, J. (2018). Modelling with authentic data in sixth grade. *ZDM*, 50(1-2), 103-115. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0896-y>
- Espinel, M. C., González, M. T., Bruno, A. y Pinto, J. (2009). Las gráficas estadísticas. En L. Serrano (Ed.), *Tendencias actuales de la investigación en educación estocástica* (pp. 57-74). Universidad de Granada.
- Estrella, S. y Olfos, R. (2012). La taxonomía de comprensión gráfica de Curcio a través del gráfico de Minard: una clase en séptimo grado. *Revista Educación Matemática*, 24(2), 119- 129.
- Estrella, S. y Olfos, R. (2015). Transnumeración de los datos: el caso de las tablas de frecuencia. En *XIV Conferencia Interamericana de Educación Matemática*. Chiapas, México.
- Fitzallen, N. y Watson, J. (2014). Developing a Sequence of Learning Experiences in Statistics. En N. Fitzallen, R. Reaburn y S. Fan (Eds.), *The Future of Educational Research* (pp. 263-278). Sense Publishers.
- Gal, I. (2002). Adults' statistical literacy: Meanings, components, responsibilities. *International statistical review*, 70(1), 1-25. <https://doi.org/10.2307/1403713>
- Garfield, J. B. y Ben-Zvi, D. (2007). How students learn statistics revisited: A current review of research on teaching and learning statistics. *International Statistical Review*, 75(3), 372-396. <https://doi.org/10.1111/j.1751-5823.2007.00029.x>
- Garfield, J. B. y Gal, I. (1999). Assessment and statistics education: Current challenges and directions. *International Statistical Review*, 67(1), 1-12. <https://doi.org/10.1111/j.1751-5823.1999.tb00377.x>

- Hegarty, M. y Kozhevnikov, M. (1999). Types of visual-spatial representations and mathematical problem solving. *Journal of educational psychology*, 91(4), 684-689. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.91.4.684>
- Lee, H. S., Kersaint, G., Harper, S. R., Driskell, S. O., Jones, D. L., Leatham, K. R. y Adu-Gyamfi, K. (2014). Teachers' use of transnumeration in solving statistical tasks with dynamic statistical software. *Statistics Education Research Journal*, 13(1), 4-19. <https://doi.org/10.52041/serj.v13i1.297>
- Lem, S., Onghena, P., Verschaffel, L. y Van Dooren, W. (2013). External Representations for Data Distributions: In Search of Cognitive Fit. *Statistics Education Research Journal*, 12(1), 4-19. <https://doi.org/10.52041/serj.v12i1.319>
- López-Huayhualla, S. N. (2017). *La Transnumeración: un estudio de la variación con profesores de matemática*. Tesis para optar al grado de Magíster en Enseñanza de las Matemáticas. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Makar, K. y Fielding-Wells, J. (2011). Teaching Teachers to Teach Statistical Investigations. En C. Batanero, G. Burrill y C. Reading (Eds.), *Teaching Statistics in School Mathematics-Challenges for Teaching and Teacher Education: A Joint ICMI/IASE Study* (pp. 347-358). Springer.
- MEC (2006a). *Real Decreto 1513/2006, de 7 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Primaria*. Ministerio de Educación y Ciencia.
- MEC (2006b). *Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria*. Ministerio de Educación y Ciencia.
- MEC (2007). *Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura de bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas*. Ministerio de Educación y Ciencia.
- MEC (2014a). *Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria*. Ministerio de Educación y Ciencia
- MEC (2014b). *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato*. Ministerio de Educación y Ciencia.
- Molina-Portillo, E., Contreras, J. M., Godino, J. D. y Díaz-Levicoy, D. (2017). Interpretación crítica de gráficos estadísticos incorrectos en la sociedad de la comunicación: un desafío para futuros maestros. *Enseñanza de las Ciencias, esp.*, 4787-4792.



- Molina-Portillo, E., Contreras, J., Salcedo, A. y Contreras, J. M. (2020). Evaluación de la postura crítica de futuros profesores de Educación Primaria como componente de la cultura estadística. *Educación Matemática*, 32(3), 97-120.
- Molina-Portillo, E. Contreras, J. y Contreras, J. M. (2021). Nivel de lectura gráfica de futuros profesores de Educación Primaria como componente de la cultura estadística. *PNA*, 15(3), 137-158.
- Morales, P. (2009). *Análisis de ítems en las pruebas objetivas*. Universidad Pontificia Comillas
- Pfannkuch, M. (2008). Training teachers to develop statistical thinking. En C. Batanero, C. Reading y A. Rossman (Eds.), *Joint ICMI/IASE Study: Teaching Statistics in School Mathematics. Challenges for Teaching and Teacher Education. Proceedings of the ICMI Study 18 and 2008 IASE Round Table Conference*. Voorburg, ISI.
- Pfannkuch, M. y Wild, C. (2004). Towards an understanding of statistical thinking. En D. Ben-Zvi y J. Garfield (Eds.), *The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking* (pp. 17-46). Springer.
- Ridgway, J. (2016). Implications of the Data Revolution for Statistics Education. *International Statistical Review*, 84(3), 528-549. <https://doi.org/10.1111/insr.12110>
- Tversky, B. (2001). Spatial schemas in depictions. En M. Gattis (Ed.), *Spatial schemas and abstract thought* (pp. 79-111). MIT Press.
- Wallman, K. K. (1993). Enhancing statistical literacy: Enriching our society. *Journal of the American Statistical Association*, 88(421), 1-8.
- Watson, J. M. (1997). Assessing statistical literacy using the media. En I. Gal y J. B. Garfield (Eds.), *The assessment challenge in statistics education* (pp. 107-121). IOS Press and The International Statistical Institute.
- Wild, C. y Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry. *International Statistical Review*, 67(3), 223-248. <https://doi.org/10.1111/j.1751-5823.1999.tb00442.x>

**Contribuciones del autor:** Diseño de investigación y redacción preliminar, JMCG y EMP; Recogida de datos, JMCG y JCG; Análisis estadísticos, EMP y FRA; Fundamentación teórica, JMCG y EMP; Discusión y conclusiones, JMCG y EMP; Revisión final EMP.

**Financiación y Agradecimientos:** Trabajo realizado en el marco del proyecto B-SEJ-063-UGR18 de I+D+I en el marco del Programa Operativo FEDER Andalucía 2014-2020 denominado Desarrollo y transferencia de la cultura estadística en el ámbito de la educación obligatoria en Andalucía.

**Conflicto de intereses:** No existen conflictos de intereses para la publicación de este manuscrito

**Declaración ética:** El proceso de investigación se desarrolló bajo los principios éticos de la investigación humana, recogidos en la Declaración de Helsinki.

**Cómo citar este artículo:**

Molina-Portillo, E., Contreras, J. M., Ruz, F. & Contreras, J. (2023). Análisis de la transnumeración vinculada a la alfabetización estadística en futuros maestros. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 27(1), 277-300. DOI: 10.30827/profesorado.v27i1.21488