

Análisis de gráficos estadísticos realizados por futuros docentes de primaria en tareas abiertas de ABP

Analysis of statistical graphs made by future primary teachers in open PBL tasks

Jon Anasagasti Aguirre y Ane Izagirre Korta

Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU, España

Resumen

En la sociedad actual de las tecnologías de la información y la comunicación se acumula una gran cantidad de datos. Por esta razón, los currículos actuales de matemáticas conceden un lugar específico a la estadística. Trabajar la estadística mediante la metodología aprendizaje basado en problemas con datos reales, contextualizados para el alumnado, es beneficioso de cara a desarrollar el sentido estadístico. Uno de los componentes que definen los estándares (NCTM) es la presentación de la información mediante gráficos. En este artículo se considera una muestra de 50 estudiantes del Grado de Educación Primaria que han llevado a cabo un proyecto de investigación estadístico y se realiza un análisis cualitativo acerca de la representación gráfica de los datos que presentan mediante softwares informáticos. El uso acrítico del software es la mayor fuente de errores.

Palabras clave: alfabetización estadística, gráficos estadísticos, errores de construcción, formación del profesorado.

Abstract

In the current information and communications technology society, a great amount of data is accumulated. For this reason, the recent mathematical curriculums attribute a specific place to statistics. Working statistic by problems based learning methodology with real data, contextualized for the pupils, is beneficial to develop statistical sense. One component that defines the standards (NCTM) is the presentation of the information through graphs. In this article a sample of 50 students of the Primary Education Degree that have carried out a statistical research project is considered. A qualitative analysis of the graphical representation of the data obtained via informatics software is analysed. The acritical use of the software is the largest source of errors.

Keywords: statistical literacy, statistical graphs, errors in creating graphs, teachers' training.

1. Introducción

En la sociedad actual las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) facilitan la creación, distribución y manipulación de la información. Siendo así, las disciplinas científicas tienden a acumular gran cantidad de información, pero sin los debidos procesos de recopilación, tratamiento y análisis se convierten inevitablemente en un inservible cúmulo de datos (Lindsay, Ketterring y Siegmund, 2004). Es por esta razón, por la que los currículos actuales de matemáticas conceden un lugar específico a la estadística, y más en concreto a la representación gráfica de datos, subrayando la importancia de desarrollar un pensamiento reflexivo que les lleve a los estudiantes a identificar los aspectos importantes de los datos analizados.

Con la intención de que los futuros docentes de primaria adquieran la competencia estadística necesaria, son muchos los programas y cursos diseñados durante los últimos años.

En muchos de ellos se promueve un aprendizaje a partir de investigaciones o diferentes proyectos, los cuales se podrían incluir dentro de la metodología del aprendizaje basado en problemas (ABP). Desde nuestro punto de vista esta metodología se adapta de manera muy satisfactoria al aprendizaje de la estadística, ya que sus características se adecuan al tipo de proceso de investigación que los expertos recomiendan para el aprendizaje estadístico. Dicha metodología pone en valor el uso de las TIC, pero no hay que olvidar que en ocasiones el uso de las TIC puede desviar la atención de los objetivos de investigación hacia algunas características extrínsecas de la herramienta (Ben-Zvi y Friedlander, 1997). Por este motivo, en la presente investigación tratamos de analizar los gráficos estadísticos presentados en una tarea abierta llevada a cabo con metodología ABP y realizados mediante recursos informáticos, centrando la atención en aquellos gráficos que los estudiantes realizan erróneamente por motivo del uso acrítico de las TIC. En este caso, el estudio está motivado por investigar los tipos de errores que cometen más que por cuantificarlos, por lo que el análisis de datos se realiza desde un punto de vista cualitativo.

2. Marco teórico

En este apartado se recogen las aportaciones realizadas en torno a tres cuestiones que serán útiles en esta labor de investigación. Primeramente se describen las características del ABP relacionándolas con las recomendaciones realizadas desde distintas instituciones acerca de la enseñanza de la estadística, para justificar su uso en cuanto a la metodología de trabajo utilizada con los futuros docentes. Después, se realiza un análisis de los currículos de Primaria para identificar aquellos aspectos en los que debe centrarse el aprendizaje de los gráficos estadísticos. Para terminar, se revisa la bibliografía acerca de la clasificación de los errores habituales a la hora de realizar gráficos estadísticos, prestando atención a los gráficos realizados mediante recursos informáticos.

2.1. ABP y estadística

Las razones para utilizar la metodología ABP en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la estadística vienen dadas por la concurrencia de características que tiene esta metodología con las recomendaciones que diversos expertos hacen de cara a desarrollar el sentido estadístico, concepto que engloba tanto a la cultura estadística y el pensamiento o razonamiento estadístico (Batanero, 2013).

Entre los pasos a dar para el desarrollo del razonamiento estadístico definido por Wild y Pfannkuch (1999) encontramos que consideran imprescindible reconocer la necesidad de datos, e integrar la estadística en el contexto. Por otro lado, las recomendaciones dictadas en el Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education (GAISE) para la enseñanza de la estadística (Garfield y Everson, 2009) también proponen utilizar datos reales, fomentar el aprendizaje activo en la clase, y usar la tecnología para el desarrollo de la comprensión conceptual y el análisis de datos.

Muchas de las características descritas por el GAISE y los pasos a dar definidos por Wild y Pfannkuch (1999), se pueden considerar características propias de la metodología ABP. Según Blumenfeld, Soloway, Marx, Krajcik, Guzdial y Palincsar (1991) la esencia del aprendizaje basado en proyectos consiste en que un problema sea el detonante para diseñar, organizar y dirigir distintas actividades; todas estas actividades culminan en un producto final que aborda la pregunta o cuestión inicial.

Pero el desarrollo de esta metodología ha ido definiendo características propias como la inclusión de una pregunta o problema desafiante, el uso de datos reales, la investigación sostenida, la necesidad de un enfoque crítico y reflexivo, la autonomía de trabajo, o que todo el proceso desemboque en una presentación pública de los resultados (Larmer y Mergendoller, 2015).

Ha de señalarse también, que los currículos actuales proponen un modelo en donde se da mucha relevancia al aprendizaje activo de los estudiantes mediante un aprendizaje cooperativo y dinámico. También se subraya la importancia de lograr competencias comunicativas, de pensamiento crítico y del uso de las TIC. La metodología ABP además de contar con los instrumentos mencionados trata de desarrollar dichas competencias ya que como Toledo y Sánchez (2018) mencionan, entre los beneficios de este método de enseñanza encontramos que: prepara a los estudiantes para sus futuros puestos de trabajo, mejora su motivación, establece conexiones entre el aprendizaje y la realidad, ofrece oportunidades de colaboración para construir conocimiento, aumenta las habilidades sociales y de comunicación, las habilidades para solucionar problemas y mejorar el pensamiento crítico, aumenta la autoestima y posibilita aprender a usar la tecnología.

Concretamente para trabajar la estadística y los gráficos estadísticos, en los estándares de aprendizaje establecidos en el currículum, se concreta que los estudiantes deben *Realizar e interpretar gráficos muy sencillos con datos obtenidos de situaciones muy cercanas*. El hecho de plantear situaciones cercanas se ve reforzado en otros estándares de este mismo bloque con expresiones como *situaciones familiares* o *situaciones de su entorno*. Una de las características de la metodología ABP, es el uso de datos ligados a la realidad para que las tareas tengan sentido para el estudiante (Red de Innovación Docente en ABP, 2012).

Por último los estándares fijados para el bloque de análisis de datos y probabilidad de la NCTM (Metz, 2010) recomiendan enfrentarse a la resolución de problemas ateniéndose a cuatro componentes: Formulación de la pregunta; recogida de datos; análisis de datos; interpretación de resultados. Es por todas estas razones que propuestas como la de Anasagasti y Berciano (2016) proponen introducir la metodología ABP como instrumento útil en el desarrollo del ciclo de investigación.

2.2. Gráficos estadísticos en el currículum

Atendiendo a los estándares propuestos por el National Council of Teachers of Mathematics (NCTM), entre las competencias que el alumnado de primaria debe lograr en el bloque relativo a “Tratamiento de datos, azar y probabilidad”, destacan los siguientes puntos relacionados con los gráficos estadísticos: Representar los datos utilizando tablas y gráficos, como diagramas de puntos, de barras o lineales; Reconocer las diferencias en la representación de datos cualitativos y cuantitativos; Y comparar representaciones diferentes del mismo conjunto de datos, y evaluar cómo cada una muestra aspectos importantes de los datos. Esto quiere decir, que además de saber representar los datos correctamente en ciertos gráficos, los estudiantes deben ser capaces de reconocer qué tipo de gráfico se adecua mejor al tipo de datos que debe representar, y saber qué es lo que se destaca en un gráfico determinado acerca de un conjunto de datos.

Todas estas competencias se recogen en el currículum definido por la LOMCE (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2014) identificando estándares de

aprendizaje evaluables. Por un lado encontramos aquellos estándares que habitualmente suelen cumplirse como *Realizar e interpretar gráficos muy sencillos: diagramas de barras, poligonales y sectoriales, con datos obtenidos de situaciones muy cercanas*; Pero por otro, hay estándares como *Realizar análisis crítico argumentado sobre las informaciones que se presentan mediante gráficos estadísticos*. Este último estándar de aprendizaje es el que en muchas ocasiones se suele obviar en las clases de matemáticas propiciando que gran parte del alumnado no relacione los resultados del trabajo matemático con la situación problemática (Arteaga, Batanero y Ruiz, 2009). Es por ello que se tendrá muy en cuenta a la hora de analizar los resultados de este estudio.

2.3. Errores en gráficos estadísticos

Entre los estudios que recogen los tipos de errores cometidos a la hora de realizar gráficos estadísticos encontramos trabajos recientes como el de Arteaga, Batanero Contreras y Cañadas (2016) en el que analizan los trabajos realizados por una muestra de 207 futuros profesores de Primaria. En este estudio se toman en cuenta distintas clasificaciones acerca de errores cometidos a la hora de realizar gráficos como pueden ser el propuesto por Friel, Curcio y Bright (2001) acerca de los elementos estructurales, el de Li y Shen (1992) acerca de los problemas presentes en las escalas de los gráficos, o el de Wu (2004), el cual incluye también otro tipo errores relacionados con la elección del tipo de gráfico, o errores relacionados con la confusión entre frecuencia y valor de la variable. Otros trabajos evalúan la interpretación de gráficos estadísticos (Bruno y Espinel, 2005) o la construcción de gráficos estadísticos concretos como los histogramas (Espinel, 2007).

Para el presente estudio, sin embargo, nos es de gran utilidad el estudio realizado por Ben-Zvi y Friedlander (1997), los cuales analizan errores cometidos por estudiantes que llevan a cabo proyectos estadísticos en un entorno tecnológico. Sugieren que en ocasiones la inclusión de TIC para trabajar estadística puede desviar la atención de sus objetivos de investigación hacia algunas características extrínsecas de la herramienta. Centrándonos en los gráficos estadísticos, los autores aprecian que siendo las hojas de cálculo poderosas herramientas fáciles de usar que permiten generar gran cantidad de gráficos de forma rápida y sencilla, algunos estudiantes las utilizan en un primer momento de forma acrítica. El uso que hacen de ellas se basa en sus características extrínsecas, como la forma, el color o la simetría (ilustraciones estéticas), en lugar de su significado estadístico; Y como consecuencia, los estudiantes no pueden analizar sus gráficos por completo, o ignoran los patrones sugeridos por sus representaciones gráficas, limitándose a identificar solamente características obvias o extremas. Como resultado se pueden apreciar errores que tienen que ver más con el uso acrítico del propio software, o con la facilidad de producir representaciones gráficas que lleva a algunos estudiantes a preferir la cantidad por encima de la calidad.

3. Metodología

En este apartado se describe la metodología de la investigación. En la Sección 3.1 se define la muestra considerada, en la Sección 3.2 se presenta la tarea propuesta al alumnado detallando cómo se obtienen los datos posteriormente analizados y en la Sección 3.3. se describe brevemente el método de análisis de los datos.

3.1. Muestra

Los participantes son 50 estudiantes de tercer curso del Grado en Educación Primaria de la Universidad del País Vasco organizados en 12 grupos de trabajo.

3.2. Tarea y recogida de datos

La asignatura anual de tercer curso Matemática y su Didáctica II abarca cuatro bloques curriculares: Números y operaciones, la medida, geometría y estadística y probabilidad. Al bloque de la estadística y probabilidad se destinan 24 horas en el aula de las cuales se emplean 18 horas a la realización de un proyecto estadístico en pequeños grupos, enmarcado dentro del módulo diseñado para el aprendizaje de la estadística y su didáctica: MAED (Anasagasti y Berciano, 2016). El proyecto consta de cinco fases que responden a los componentes que define el National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) para el bloque del análisis de datos y probabilidad, (NCTM, 2000). Estas fases son: Formulación de la pregunta motora y recolecta de datos, organización de datos mediante tablas, representación de los datos mediante gráficos, análisis de los datos e interpretación de los resultados. En cada fase del proyecto se presenta al alumnado las posibilidades que existen para la realización de las tareas correspondientes a dichas fases siendo elección del grupo seleccionar el camino idóneo acorde a la pregunta de investigación planteada.

En este artículo nos centramos en analizar los resultados de la Fase 3 del proyecto llevado a cabo por el alumnado que consiste en la representación de los datos mediante gráficos. El alumnado ha presentado estos gráficos mediante un póster o un informe y éste es el material que disponemos y hemos analizado.

3.3. Método de análisis

Se realiza un análisis cualitativo de todos los gráficos seleccionando aquellos que presentan algún error agrupando en categorías aquellos gráficos en los que se repite el mismo error. En la sección de resultados se presenta un único gráfico representante de cada categoría.

4. Resultados

En el análisis de los datos, se observa que las variables cualitativas cobran el protagonismo. Por esta razón, los gráficos estadísticos que utilizan para mostrar los datos son principalmente diagramas de barra (35%) y diagramas de sectores (51%); en menor medida también utilizan histogramas, pictogramas o polígonos de frecuencia.

En muchas ocasiones el tipo de variable no corresponde con el tipo de gráfico adecuado, sobre todo cuando no tienen en cuenta si la variable que están representando es cuantitativa discreta o continua. La Figura 1 es un ejemplo de ello, donde se ha creado un diagrama de barras para representar una variable cuantitativa continua: los minutos semanales que pasan los sujetos realizando actividad física. El hecho de que hayan creado un diagrama de barras en lugar de un histograma, se debe tal y como señalan Ben-Zvi y Friedlander (1997) a que no modifican las opciones pre-establecidas por el programa. Además, sería más adecuado mostrar en el eje horizontal el título de la variable que se ha medido, sin necesidad de una leyenda, y, en el caso de un histograma, bastaría señalar los extremos de los intervalos. Es conveniente especificar, también, el título del eje vertical.

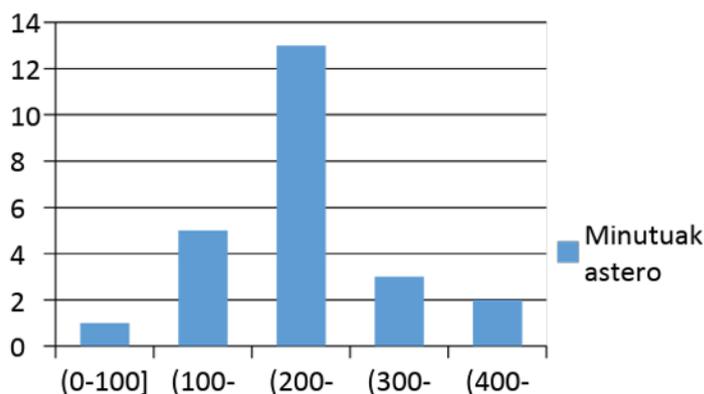


Figura 1. Utilización de un diagrama de barras para la representación de una variable cuantitativa continua (los minutos semanales que pasan los sujetos realizando actividad física).

El ejemplo de la Figura 2 tampoco señala los títulos del eje horizontal y vertical y, además, al tratarse de una variable cualitativa, el grado de satisfacción con el servicio de transporte público, la no inclusión de las leyendas hace incomprendible la información que presenta. En este caso a la hora de crear el gráfico mediante el ordenador, se conforman con incluir los datos numéricos pero sin tener en cuenta la importancia que tienen las leyendas y los títulos de los ejes para entender lo que se representa.



Figura 2. Inexistencia de los títulos de ambos ejes y leyendas.

La Figura 3 muestra dos diagramas de barras donde representan la edad que creen los participantes que se debe tener para el uso de las redes sociales WhatsApp e Instagram, respectivamente. En esta ocasión, se ha descuidado el eje vertical siendo imposible conocer las frecuencias absolutas y, además, no existe una correspondencia entre las leyendas y barras de los gráficos (Figura 3). En este caso se puede observar que los estudiantes ignoran o no reparan en el significado estadístico presente en el gráfico, ya que no contemplan en las leyendas varias de las categorías que se presentan en él.

Zein adin uste duzue dela minimoa sare sozial hauetan ibiltzeko?

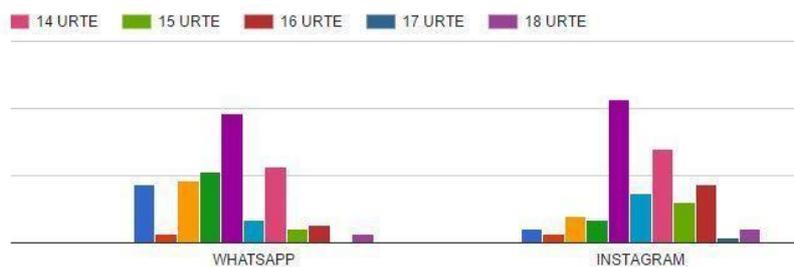


Figura 3. Inexistencia de las frecuencias absolutas y no correspondencia entre las leyendas y barras del gráfico.

Los diagramas de sectores de la Figura 4 representan las opiniones del alumnado y profesorado, respectivamente, sobre si se ha dialogado en la escuela acerca de la normativa de uso de las TIC. En esta ocasión, el uso inadecuado de los colores que se ha dado a las categorías en el gráfico de la derecha e izquierda, debido a que no modifican las opciones pre-establecidas del programa, dificulta la comparación de las respuestas del alumnado y profesorado; incluso en el diagrama de sectores de la derecha, el que pertenece al profesorado, las leyendas no están ordenadas de forma gradual.

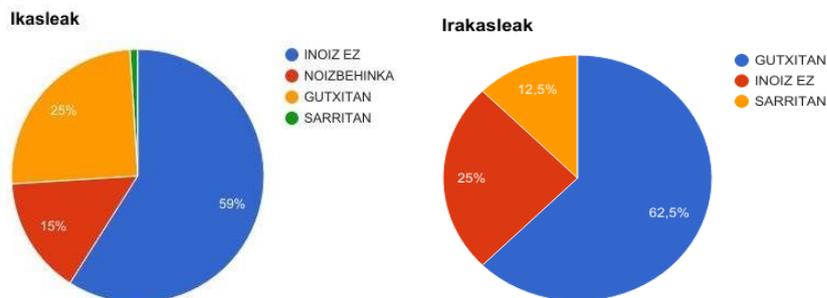


Figura 4. Uso inadecuado de los colores para la comparación de categorías y la presentación no gradual de las leyendas.

Las Figuras 5 y 6 muestran el uso arbitrario de gráficos sin ser representativos, coincidiendo con Ben-Zvi y Friedlander (1997) en que los estudiantes dan más importancia al hecho de producir un gran número de representaciones gráficas que a producirlas con calidad. Por un lado, en la Figura 5 la intención del alumnado es mostrar la opinión que tienen los sujetos que han participado en la investigación sobre si la actividad física está dirigida al género femenino, masculino o ambos. Todos los participantes han manifestado la misma opinión por lo que en esta situación el diagrama de sectores no aporta nada y bastaría con mencionar en la informe de investigación que el 100% de los participantes opina que la actividad física está dirigida a ambos géneros. Por otro lado, la Figura 6 describe el tiempo en minutos que necesita cada sujeto para llegar desde su municipio al campus universitario. Como se puede apreciar en el eje horizontal, se han numerado los participantes del 1 al 40 y mostrado el dato de cada uno

de ellos haciendo imposible fijarse en todos ellos. Han descuidado que ante una variable cuantitativa continua como el tiempo, lo adecuado sería formar intervalos y representar la información mediante un histograma.



Figura 5. Uso arbitrario del gráfico sin ser representativos ya que todos los participantes muestran la misma opinión.

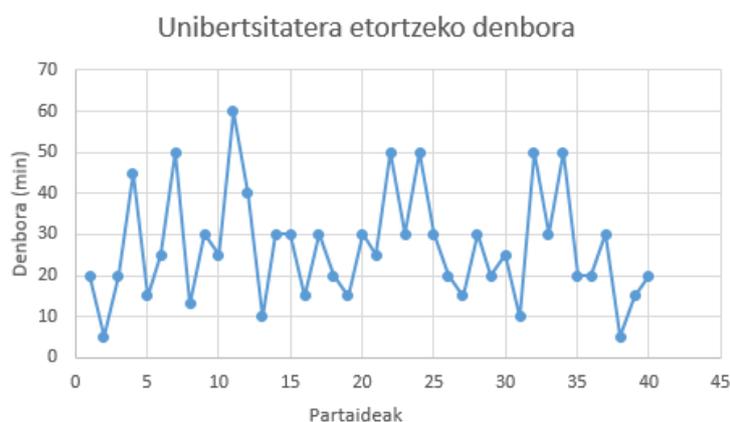


Figura 6. Representación errónea e incomprensible de una variable continua.

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos corroboran que los estudiantes del Grado de Educación Primaria manifiestan tener dificultades en la construcción y presentación de gráficos como demostraban previas investigaciones (Arteaga et al., 2016; Bruno y Espinel, 2009; Espinel 2007).

Por una parte, acorde con los resultados obtenidos por Bruno y Espinel (2009), observamos en el alumnado una tendencia hacia la construcción de diagramas de barras para representar variables cuantitativas continuas, en lugar de histogramas. Debido a que el análisis de datos se realiza mediante un software, habría que investigar si ello se debe a un error conceptual o si se debe, tal y como señalan Ben-Zvi y Friedlander (1997), a que no modifican las opciones pre-establecidas por el programa. Por otra parte, posiblemente por el uso acrítico del software informático en el análisis de los datos (Ben-Zvi y Friedlander 1997), el resto de errores se centran mayoritariamente en la presentación de los gráficos, lo cual hace incomprensible la información que

describen (inexistencia de títulos en los ejes, leyendas, etc.). Un ejemplo claro de ello son los diagramas de sectores de la Figura 4 donde el área de cada categoría es la correcta, a pesar de ser un error habitual que presenta el alumnado (Arteaga et al., 2016), pero sin embargo, se descuida por completo la presentación dificultando la comparación entre ambos gráficos. Este ejemplo, junto con las Figuras 2, 3 y 5, muestran que el alumnado no ha interiorizado el objetivo principal de la representación gráfica que es facilitar al lector la asimilación de la información que se está presentando (Junyong y Sangseok, 2017). Todos estos ejemplos nos hacen pensar que parte del alumnado no reflexiona acerca del resultado obtenido: si tiene sentido el gráfico que presenta, si se puede leer y entender la información, si responde a la pregunta de investigación, etc.

Los resultados obtenidos dejan en evidencia un escaso conocimiento de los futuros profesores de primaria en relación a la construcción de gráficos y una actitud acrítica en la presentación de gráficos sencillos realizados mediante softwares informáticos que cita el currículo de Educación Primaria LOMCE (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2014). Por esta razón, los formadores de los futuros profesores de primaria deben incidir en la formación estadística de estos para que sean ciudadanos estadísticamente alfabetizados.

Referencias

- Anasagasti, J. y Berciano, A. (2016). El aprendizaje de la estadística a través de PBL con futuros profesores de primaria. *Contextos Educativos: Revista de Educación, número extraordinario 1*, 31-43.
- Arteaga, P., Batanero, C., Contreras, J.M. y Cañadas, G. (2016). Evaluación de errores en la construcción de gráficos estadísticos elementales por futuros profesores. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa* 19(1), 15-40.
- Arteaga, P., Batanero, C. y Ruiz, B. (2009). Comparación de distribuciones por futuros profesores. *Investigación en Educación Matemática XIII*, 129-138.
- Batanero, C. (2013). Sentido estadístico: Componentes y desarrollo. En J. M. Contreras, G. R. Cañadas, M. M. Gea y P. Arteaga (Eds.). *Actas de las Jornadas Virtuales en Didáctica de la Estadística, Probabilidad y Combinatoria* (pp. 55-61). Granada: Grupo de Investigación en Educación Estadística.
- Ben-Zvi, D. y Friedlander, A. (1997). Statistical thinking in a technological environment. En J. Garfield, y G. Burrill (Eds.). *Research on the role of technology in teaching and learning statistics* (pp. 45-55). Vooburgo, Holanda: IASE.
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M. y Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26(3-4), 369-398.
- Bruno, A. y Espinel, M. C. (2005). Recta numérica, escalas y gráficos estadísticas: un estudio con estudiantes para profesores. *Formación del Profesorado e Investigación en Educación Matemáticas VII*, 57-85.
- Bruno, A. y Espinel, M.C. (2009). Construction and evaluation of histograms in teacher training. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology* 40(4), 473-493
- Espinel, M.C. (2007). Construcción y razonamiento de gráficos estadísticos en la formación de profesores. *Investigación en Educación Matemática XI*, 99-119.
- Friel, S., Curcio, F. y Bright, G. (2001). Making sense of graphs: critical factors influencing comprehension and instructional implications. *Journal for Research in mathematics Education*, 32(2), 124-158.

- Garfield, J. y Everson, M. (2009). Preparing teachers of statistics: a graduate course for future teachers. *Journal of Statistics Education* 17(2). Disponible en: <https://amstat.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10691898.2009.11889516>.
- Junyong I. y Sangseok L. (2017). Statistical data presentation. *Korean Journal of Anesthesiology*, 70(3), 267-276.
- Larmer, J. y Mergendoller, J. (2015). *Why we changed our model of the "8 essential elements of PBL"*. Buck Institute for Education. Disponible en: http://www.bie.org/blog/why_we_changed_our_model_of_the_8_essential_elements_of_pbl
- Li, K.Y. y Shen, S.M. (1992). Students' weaknesses in statistical projects. *Teaching Statistics* 14(1), 2-8.
- Lindsay, B.G., Kettenring J. y Siegmund, D.O. (2004). A report on the future of Statistics. *Statistical Science*, 19(3), 387-413.
- Metz, M. L. (2010). Using GAISE and NCTM standards as frameworks for teaching probability and statistics to pre-service elementary and middle school mathematics teachers. *Journal of Statistics Education*, 18(3). Disponible en: <http://ww2.amstat.org/publications/jse/v18n3/metz.pdf>
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2014). *Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria*. Madrid: Autor.
- National Council of Teachers of Mathematics 2000. *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Red de Innovación Docente en ABP (2012). La implementación y transferibilidad del ABP. *Aula de Innovación Educativa* 216, 24-28.
- Toledo, P. y Sánchez, J.M. (2018). Aprendizaje basado en proyectos: Una experiencia universitaria. *Profesorado: Revista de currículum y formación de profesorado*, 22(2), 429-449.
- Wild, C. y Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry (with discussion). *International Statistical Review*, 67(3), 223-265.
- Wu, Y. (2004). Singapore secondary school students' understanding of statistical graphs. Comunicación presentada en el *10th International Congress on Mathematics Education*. Copenhague, Dinamarca.