

# Uso de la hoja de cálculo en el estudio de la estadística basado en proyectos: análisis de una experiencia formativa con futuros profesores de educación primaria

## Using the spreadsheet in the study of statistics based on projects: analysis of a formative experience with prospective primary school teachers

Hernán Rivas<sup>1</sup>, Juan D. Godino<sup>2</sup> y Pedro Arteaga<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile

<sup>2</sup>Universidad de Granada, España

### Resumen

Se describen los resultados de un proceso de formación sobre estadística descriptiva de futuros profesores de educación primaria basado en la resolución de un proyecto estadístico incorporando el uso de la hoja de cálculo Excel. El proyecto fue aplicado en dos cursos de 70 y 56 estudiantes, trabajando en pequeños grupos. El análisis se realiza mediante la identificación de *hechos didácticos significativos* ocurridos en el proceso de estudio y de los 37 informes elaborados por los grupos de estudiantes. Los resultados obtenidos muestran dificultades para calcular estadísticos y construir gráficos empleando la hoja de cálculo, como así también, para interpretar dichos valores y gráficos. Estas dificultades desencadenaron cambios metodológicos que obligaron transitar desde una metodología inicialmente prevista como indagativa hacia otra más centrada en el profesor y la transmisión de conocimientos.

**Palabras clave:** Formación de profesores, estadística descriptiva, proyectos estadísticos, hoja de cálculo, modelos didácticos

### Abstract

The results of a training process on descriptive statistics with prospective primary school teachers, which was based on the resolution of a statistical project, which incorporates the use of the Excel spreadsheet are described. The project was applied in two courses of 70 and 56 students, working in small groups. The analysis is carried out through the identification of significant didactic events that occurred in the study process and the 37 reports prepared by the student groups. The results obtained reveal difficulties in calculating statistics and constructing graphs using the spreadsheet, as well as to interpret these values and graphs. These difficulties triggered methodological changes that made it necessary to move from a methodology initially planned as based on students' inquiry towards other more focused on the teacher and the transmission of knowledge.

**Keywords:** teacher education, descriptive statistics, statistical projects, spreadsheet, didactical models

## 1. Introducción

La literatura sobre la dimensión instruccional de procesos de formación inicial de profesores en estadística es escasa y reciente. En los últimos años, el trabajo con proyectos estadísticos (proyectos de análisis de datos) ha sido una forma de trabajo que ha venido tomando fuerza como metodología didáctica y como perspectiva de la investigación sobre formación de profesores de estadística (Batanero y Díaz, 2011; Connor, Davies y Payne, 2002).

Al mismo tiempo, durante los últimos años, las orientaciones curriculares de diferentes países y niveles educativos (NCTM, 2000) resaltan la importancia de las Tecnologías de

---

Rivas, H., Godino, J. D. y Arteaga, P. (2019). Uso de la hoja de cálculo en el estudio de la estadística basado en proyectos: análisis de una experiencia formativa con futuros profesores de educación primaria. En J. M. Contreras, M. M. Gea, M. M. López-Martín y E. Molina-Portillo (Eds.), *Actas del Tercer Congreso Internacional Virtual de Educación Estadística*. Disponible en [www.ugr.es/local/fqm126/civeest.html](http://www.ugr.es/local/fqm126/civeest.html)

la Información y Comunicación (TICs) como recurso para potenciar aprendizajes matemáticos. En el caso de la estadística, los programas que incluyen “hojas de cálculo” son ampliamente valorados por sus potencialidades para organizar y manipular datos. Sin embargo, no existe evidencia empírica suficiente sobre la enseñanza basada en proyectos incorporando el uso de la hoja de cálculo.

En este trabajo analizamos los resultados de la aplicación de un proyecto de análisis de datos con Excel, enfocado en desarrollar conocimientos elementales sobre estadística descriptiva en futuros profesores de educación primaria. El marco metodológico de la investigación está situado en un tipo particular de ingeniería didáctica basada en el marco del Enfoque ontosemiótico del conocimiento y la instrucción matemáticos (ID-EOS) (Godino, Rivas, Arteaga, Lasa y Wilhelmi, 2014).

En las dos primeras secciones del trabajo describimos brevemente el marco teórico y la metodología. Continuamos con la descripción y análisis de las fases de diseño e implementación de la experiencia formativa. Posteriormente presentamos los principales resultados de la evaluación de los aprendizajes logrados, para concluir con algunas reflexiones que surgen del estudio realizado.

## **2. Marco teórico**

### **2.1. Fundamentación del proceso instruccional**

La propuesta instruccional se fundamenta en el trabajo con proyectos de análisis de datos y en la integración de la hoja de cálculo Excel como recurso tecnológico para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje. La enseñanza por proyectos, es una forma de trabajo que apunta a contextualizar los contenidos a través de las diferentes fases de una investigación estadística (Batanero y Díaz, 2011; Burgess, 2011; Franklin, et al., 2005): (1) formular preguntas; (2) recopilar datos; (3) analizar los datos; (4) interpretar los resultados. Estos proyectos pueden ser interpretados como problemas seleccionados para la enseñanza de la estadística y se caracterizan por el planteamiento de preguntas que admiten respuestas basadas en datos que varían, en comparación con preguntas de tipo determinista. Los datos se generan en contextos particulares y son utilizados para responder preguntas relativas a dichos contextos. El análisis de los datos, inferencias y conclusiones requiere utilizar herramientas básicas de la estadística (tablas, gráficos, diagramas y estadísticos).

En la actualidad, los currículos de matemáticas de diferentes países y niveles educativos (NCTM, 2000), promueven el uso de TICs en la enseñanza de la estadística. A su vez, hay autores que defienden el uso de la hoja de cálculo, tanto por sus potencialidades para resumir, analizar e interpretar información estadística, como por su disponibilidad en la mayoría de los ordenadores (Pérez López, 2002).

### **2.2. Análisis de la trayectoria didáctica**

Para describir y analizar la fase de implementación del proyecto con los futuros profesores aplicamos la noción de Hecho Didáctico Significativo (HDS) (Godino, et al., 2014; Rivas y Godino, 2015). Esta noción amplía la noción de *hecho didáctico*, entendido como cualquier acontecimiento que tiene un lugar y un tiempo en el devenir de los procesos de instrucción matemática y que, por alguna razón, se considera como una unidad (Wilhelmi, Font y Godino, 2005). “Un hecho didáctico es significativo si las

acciones o prácticas didácticas que lo componen desempeñan una función, o admiten una interpretación, en términos del objetivo instruccional pretendido.” (Godino, et al., 2014, p. 7). Dicha interpretación debe hacerse siempre desde una teoría.

En nuestro caso para interpretar un HDS empleamos la noción de idoneidad didáctica (Godino, Batanero y Font, 2007), sus componentes e indicadores empíricos (Godino 2013). A continuación, describimos sucintamente los tipos de HDS interpretados desde esta teoría:

- *Epistémico*; hechos que reflejan el tipo de tareas (problemas), lenguajes, reglas (definiciones, proposiciones, procedimientos) y argumentos puestos en juego.
- *Ecológico*; hechos que reflejan conexiones entre el proceso de estudio con elementos del entorno en que se realiza (currículo, medio socio-cultural y profesional, conexiones intra e interdisciplinarias). Se tienen en cuenta la innovación y la formación en valores en esos HDS.
- *Cognitivo*; hechos que muestran las relaciones que se establecen con aprendizajes previos, las adaptaciones curriculares a las diferencias individuales diferencias individuales y los aprendizajes alcanzados.
- *Afectivo*; hechos que expresan la forma en que se recogen los intereses y necesidades de los estudiantes para implicarlos en el proceso de estudio.
- *Interaccional*; hechos que dan cuenta del formato de interacción entre el profesor y los estudiantes y de los estudiantes entre sí.
- *Mediacional*; hechos que reflejan la forma en que se integran los recursos materiales, la distribución del espacio físico, organización de los estudiantes y la gestión del tiempo para la enseñanza.

### 3. Metodología

La investigación se enmarca en un tipo particular de ingeniería didáctica (Godino et al., 2014) basada en el Enfoque ontosemiótico (Godino, Batanero y Font, 2007). Esta metodología tiene en cuenta las cuatro fases clásicas de una ingeniería didáctica: *estudio preliminar, diseño de la trayectoria didáctica, implementación y análisis retrospectivo*. En este trabajo presentamos los principales resultados de la fase de diseño, implementación y el análisis retrospectivo.

La propuesta fue aplicada en el marco de un curso de matemática y su didáctica para futuros profesores de educación primaria en una universidad española. El proceso instruccional contempla una fase de trabajo presencial en gran grupo y otra en grupos reducidos (3 o 4 integrantes). Los datos que se presentan en este estudio corresponden a la aplicación de un proyecto de análisis de datos resuelto mediante el uso de la hoja Excel en pequeños grupos. La experiencia fue aplicada a dos cursos, de 70 y 50 estudiantes, que componen una misma muestra.

Para describir y analizar la experiencia formativa se aplicó la noción de HDS descrita en el marco teórico. Los resultados de aprendizaje, estudiados como parte del análisis retrospectivo, corresponden a los 37 informes entregados por los grupos. Para analizar los datos se han tenido en cuenta las variables, “grado de corrección”, “tipo de respuesta” y “tipo de errores”. La variable grado de corrección, apunta a una evaluación

global de la competencia lograda; se asignan 2 puntos si la respuesta es correcta, 0 si es incorrecta o no responde y, 1 punto si es parcialmente correcta.

#### **4. Diseño e implementación de la trayectoria didáctica**

##### **4.1. Diseño de la trayectoria didáctica**

Se seleccionó un proyecto análisis de datos en el que se ponen en juego las siguientes prácticas estadísticas relacionadas con los aprendizajes esperados:

- Construir las distribuciones de frecuencias, identificando las variables, sus respectivos valores, recontar las frecuencias absolutas de cada valor, y representar estos resultados en una disposición tabular adecuadamente rotulada.
- Calcular promedios (moda, mediana y media) discriminando su uso, según la forma de la distribución.
- Calcular dispersiones (recorrido o desviación típica) y valorar la representatividad de los promedios según el tamaño relativo de las dispersiones.
- Comparar numéricamente (promedios y dispersiones) y gráficamente (diagramas adosados) las distribuciones de frecuencias de dos submuestras.

*Formulación del proyecto:*

Un profesor de Educación Física prepara a un grupo de 60 alumnos de 12 años para participar en una competición. Transcurridos 3 meses del entrenamiento (septiembre a diciembre) quiere comprobar si el entrenamiento ha sido efectivo. Para ello decide comparar el tiempo en segundos que los alumnos tardan en recorrer 20 metros en septiembre y en diciembre, y también quiere conocer si hay diferencias entre los chicos y las chicas.

Trabajando en equipo, elaborar un informe respondiendo razonadamente a las cuestiones siguientes, incluyendo los cálculos y gráficos que consideréis pertinentes:

- a. ¿Ha sido efectivo el entrenamiento en el conjunto de la clase?
- b. ¿Hay diferencias entre chicos y chicas en el tiempo en correr 25 metros inicialmente en septiembre?
- c. ¿Hay diferencias entre chicos y chicas en el tiempo en correr 25 metros después del entrenamiento en diciembre?
- d. ¿Quién ha mejorado más, los chicos o las chicas?
- e. ¿Hay algún alumno (chico o chica) que se pueda considerar como “atípico” en su capacidad de correr (por su velocidad excesivamente baja)? ¿Qué se debe hacer con los sujetos atípicos desde el punto de vista estadístico?

##### **4.2. Descripción y análisis de la implementación**

Se comenzó con una fase introductoria donde se presentó el proyecto y se organizaron los datos en la plantilla Excel. Posteriormente se discutió cómo resolver la pregunta “a” ¿Ha sido efectivo el entrenamiento en el conjunto de la clase? Al responder esta pregunta se manifestaron algunos HDS. El siguiente ejemplo da cuenta de esta situación.

HDS 2:

E1: hay que comparar los tiempos de cada estudiante para ver si han mejorado.

P: Pero en diciembre hay estudiantes que han mejorado y otros han empeorado.

E2: Se podría comparar el mejor tiempo obtenido en septiembre y diciembre.

P: Se trata de determinar si el entrenamiento ha resultado efectivo para el conjunto de la clase y no para un estudiante específico. Se requiere por tanto, resumir los datos en tablas de frecuencias, construir gráficos y calcular promedios e indicadores de dispersión.

En este HDS se observa un conflicto cognitivo en el que aparece también un componente interaccional. Las respuestas de los estudiantes son erróneas y no logran progresar a través de una metodología constructivista. Como consecuencia, cambia el formato de interacción y se dan explicaciones directas.

La clase continúa con el trabajo de los grupos en la plantilla Excel, promoviéndose la interacción entre alumnos y la autonomía de los equipos. No obstante, el bajo dominio de la hoja de cálculo para aplicar algunas técnicas estadísticas y la dificultad para interpretar los datos, originaron un cambio metodológico que desembocó en una comunicación permanente entre el profesor y los alumnos para clarificar dudas y entregar “pistas” que permitieran enfrentar las tareas propuestas. Algunos HDS que reflejan las principales dificultades descritas son los que se muestran a continuación:

HDS 6:

E7: [...] Para dividir, ¿cuál es la fórmula?

P: Para dividir lo pueden hacer con la herramienta función.

E7: ¿Qué hacemos para calcularla?

P: Vayan a insertar, función, promedio y comprueben que el rango corresponde a los datos que quieren seleccionar. (...) Interesa comparar también las dispersiones; una medida de dispersión es la desviación típica, este valor se puede calcular con la herramienta función [...].

Las dificultades e interacciones descritas en estos HDS tienen un origen de carácter mediacional. El bajo dominio en el manejo de la hoja de cálculo, desencadenó dificultades que fue necesario abordar mediante procesos de “transmisión de conocimientos”.

HDS 7:

E8: [...] Ya hemos hecho la desviación típica y la media, ¿hacemos las gráficas?

P: El problema no trata de solo hacer cálculos, sino de interpretar los resultados para resolver el problema. En los datos de hombres y mujeres, todos juntos, ¿qué ha pasado?

E8: Ha bajado.

P: ¿Ha empeorado o ha mejorado?

E8: Ha mejorado.

P: También tienen que interpretar la dispersión.

E8: Eso no lo entiendo.

P: 1.02 y 1.00 son las desviaciones típicas.

E8: ¿Qué es la desviación típica?

P: La desviación típica es un indicador de la dispersión.

E8: ¿Es la diferencia entre el máximo y el mínimo?

P: No, la diferencia entre el máximo y el mínimo es el rango o recorrido que es también una medida de dispersión. (...) La desviación típica, como ya ha sido explicado en las clases de

teoría, es otra medida de dispersión más estable que el recorrido. En este caso se ha calculado y es 1.02 y 1.00, es prácticamente lo mismo. (...) Entonces hay una diferencia importante porque han ganado poco más de un segundo, según el promedio. En cambio en la desviación típica prácticamente no hay diferencia. Después del entrenamiento podría haber pasado que los alumnos estuvieran más dispersos; es decir, que hubiera alumnos que corren muy de prisa o que se hayan hecho más lentos [...].

#### HDS 10:

E12: [...] ¿La desviación típica para qué pregunta es?, ¿para la pregunta cinco?

P: No. Puede ser aplicada en la primera pregunta para saber si ha sido efectivo el entrenamiento (...) el entrenamiento puede no haber mejorado en promedio; pero sin embargo, puede haber mejorado la dispersión, es decir, son todos los chicos más homogéneos (...).

E12: ¿Y en la pregunta cinco?

P: Esta pregunta se refiere a ver si hay algún alumno atípico. Por ejemplo; hay una estudiante que estaba en un tiempo de 9.9. Ella es una estudiante atípica. También hay una estudiante que corre muy rápido, su tiempo es 3.3, también es un sujeto atípico. Para saber cuándo un estudiante es un sujeto atípico se debe usar el criterio expuesto en la pregunta cinco. [...].

Estos dos HDS, interpretados desde el punto de vista cognitivo, evidencian las dificultades de los grupos de estudiantes en la interpretación de los valores estadísticos para dar respuesta a las preguntas planteadas. Al igual que en situaciones anteriores, el profesor opta por dar explicaciones que propicien el avance de los grupos.

Trascurridos 30 minutos, el profesor se dirige a todos los alumnos para explicar la construcción de tablas de frecuencias y gráficos (histogramas) empleando la hoja de cálculo. Acabada su explicación, el profesor permite el acceso de los estudiantes a las cuatro tablas de frecuencias en formato digital. Dichas tablas contienen la información correspondiente en las columnas de valores (intervalos de clase) y frecuencias, faltando por completar las columnas de frecuencias relativas. Se pide a los estudiantes calcular las frecuencias relativas y explorar las posibilidades de comparar gráficamente las distribuciones.

En esta última parte de la clase se manifestaron nuevos conflictos relacionados con la hoja de cálculo (principalmente la construcción errónea de gráficos). Por razones de espacio citamos solo un ejemplo de HDS en el que se evidencia esta situación.

#### HDS 17:

**E19:** [...] Nos ha salido una gráfica de tres columnas (figura 1).

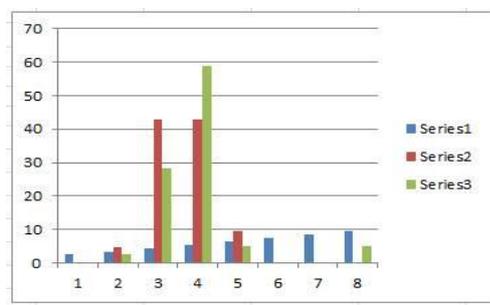


Figura 1. Valores y frecuencias graficados en el eje horizontal

**P:** Deben seleccionar solo las columnas de frecuencias relativas de hombres y mujeres en septiembre.

## 5. Evaluación de los aprendizajes logrados

En esta sección presentamos los resultados de la evaluación de los informes realizados. Los resultados corresponden a los 37 informes recogidos en los dos cursos académicos en que fue aplicado el proyecto. En la tabla 2 mostramos los resultados obtenidos en los seis ítems.

En el ítem 1 el procedimiento predominante en los equipos que respondieron de forma “parcialmente correcta”, ha sido la comparación de medias sin justificar su uso en lugar de la mediana; 25 de los 33 equipos realizaron este procedimiento. De los 8 equipos restantes, 5 justificaron la respuesta sin hacer una reducción estadística de los datos; 2 calcularon medias y dispersiones sin dar respuesta a la pregunta, y un equipo calculó correctamente las medias y dispersiones interpretando equívocamente estos valores al responder la pregunta.

Tabla 3. Frecuencias y porcentajes de respuestas correctas, parcialmente correctas y, erróneas y no responde (n= 37)

Ítem:	Correctas		Parcialmente correctas		Erróneas y no responde	
	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
1. ¿Ha sido efectivo el entrenamiento?	-	-	33	89.2	4	10.8
2. Diferencias chicos/chicas en septiembre	2	5.4	29	78.4	6	16.2
3. Diferencias chicos/chicas en diciembre	-	-	31	83.8	6	16.2
4. ¿Quién ha mejorado más, los chicos o las chicas?	-	-	4	10.8	33	89.2
5. ¿Hay alumnos atípicos?	10	27.0			27	73.0
6. ¿Qué se debe hacer con los sujetos atípicos?	13	35.1			24	64.9

*Nota:* Las celdas en blanco indican que no se aplica el grado de corrección correspondiente para determinados ítems y el uso del guion (-) indica que no se ha obtenido valor en la celda.

Llama la atención que 28 equipos calcularon la media y la desviación típica, pero sin interpretar estos valores al responder la pregunta; este aspecto se presenta como un contenido difícil de manejar para los estudiantes, lo que concuerda con lo señalado en Peters (2009) quien plantea que muchos profesores tienen dificultades para razonar sobre la desviación típica en conjunción con la media. No encontramos ninguna justificación basada en la representación gráfica de las distribuciones de frecuencias.

Con relación a los errores, 5 equipos construyeron gráficos sin hacer una reducción estadística de los datos en tablas de frecuencias (figura 2); 7 realizaron una estrategia de conteo directamente sobre la matriz de datos y uno comparó las sumas de las frecuencias de las dos distribuciones, en lugar de las medias. Cabe destacar que entre quienes realizaron algún tipo de gráfico (10 equipos en total) ninguno usó correctamente títulos ni etiquetas en los ejes.

En el ítem 2, de los dos equipos que respondieron de manera correcta, uno comparó las medias de los chicos y chicas quitando los valores atípicos y el otro, comparó las medianas si justificar su uso. Entre los equipos que respondieron de forma parcialmente correcta, 27 aplicaron la media sin justificar su uso en lugar de la mediana y dos, calcularon las medias y desviaciones típicas sin dar respuesta a la pregunta. En este ítem, 26 equipos calcularon las desviaciones típicas sin aludir a estos valores al responder la pregunta. Ningún equipo comparó las distribuciones de frecuencias mediante gráficos.

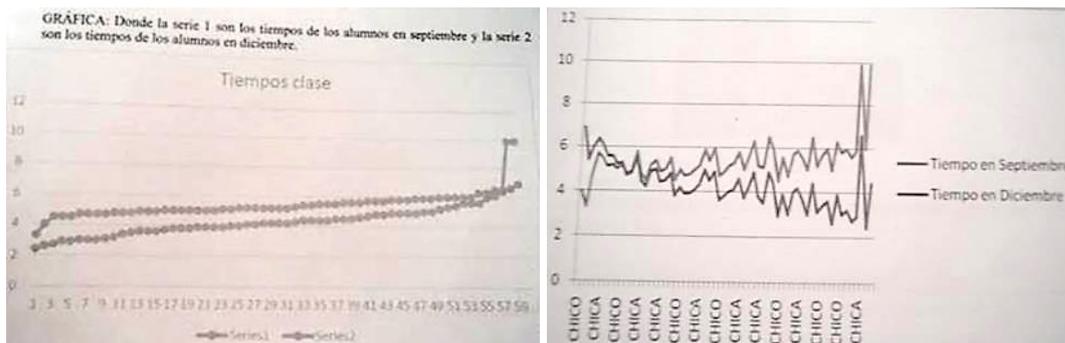


Figura 2. Comparación gráfica tiempos septiembre y diciembre sin reducir estadísticamente los datos

En esta pregunta se manifiestan errores similares a los de ítem anterior. Dos equipos construyeron gráficos sin hacer una reducción estadística de los datos en tablas de frecuencias y dos usaron una estrategia de conteo observando la matriz de datos. Uno de los dos equipos que construyeron gráficos, realizó un diagrama para chicos y otro para chicas. Ningún equipo incluyó correctamente título y etiquetas en los ejes.

En el ítem 3, entre los equipos que respondieron de forma parcialmente correcta, al igual que en el ítem anterior, la comparación se realiza teniendo en cuenta preferentemente la media sin justificar su uso en lugar de la mediana (28 de los 31 equipo realizan este procedimiento). De los otros tres equipos, uno calculó las medias y desviaciones típicas sin dar respuesta a la pregunta, otro calculó estadísticos interpretando equívocamente estos valores y el tercero, reconoció que es mejor el tiempo de los chicos sin justificar la respuesta. En este ítem, 7 equipos realizaron algún tipo de gráfico, reiterándose los errores ya señalados.

En el cuarto ítem, los 4 equipos que respondieron de forma parcialmente correcta, reconocieron que habían mejorado más los chicos, pero no justificaron su respuesta. El error de mayor frecuencia fue comparar las diferencias de las medias de septiembre y diciembre obtenidas por los chicos y chicas, en lugar de los porcentajes de mejora que representan dichas medias en sus respectivos grupos (en 18 equipos se ha manifestado este error). La media de los chicos en septiembre es de 5.22 y en diciembre 4.08, la de las chicas 5.58 y 4.44, respectivamente; al calcular las diferencias de las medias (septiembre y diciembre) en ambos grupos se obtiene el valor 1.14, con lo que se concluye equívocamente que los chicos y las chicas han mejorado lo mismo. Otros errores manifestados fueron la comparación directa de las medias (comparación de medias de chicos y chicas en septiembre y luego en diciembre) y la construcción de gráficos sin hacer una reducción estadística de los datos.

En el ítem cinco los 10 equipos que respondieron correctamente lo hicieron empleando el criterio dado por el profesor ( $M \pm 2 \times DT$ ) (media  $\pm 2$  veces la desviación típica). Ningún equipo representó gráficamente los valores atípicos. Un error recurrente fue considerar como atípicos los valores mínimo o máximo de las distribuciones correspondientes.

## 6. Conclusiones y reflexiones finales

El proyecto estadístico que hemos propuesto permite contextualizar los conocimientos básicos de la estadística descriptiva previstos en el diseño. A la vez, la hoja de cálculo resultó ser una herramienta pertinente y eficaz para realizar cálculos estadísticos, construir tablas y gráficos e interpretar la información requerida. Estos resultados son

concordantes con lo planteado por Buendía, Colás y Hernández (1997), quienes reconocen las ventajas de la hoja de cálculo frente a la capacidad del cálculo manual.

Sin embargo, durante la implementación, la integración didáctica de la hoja de cálculo al trabajo mediante proyectos ha resultado complejo. El uso de una metodología activa (centrada en el trabajo autónomo del estudiante), prevista en la fase de diseño, se vio condicionada por el bajo dominio de algunos contenidos estadísticos, como así también, por el desconocimiento del lenguaje y las técnicas asociadas a la hoja de cálculo. Como consecuencia, hubo diversos momentos de interacción entre el profesor y los estudiantes basados en la “transmisión de conocimientos”. Dichos momentos, facilitaron el progreso de los alumnos para el desarrollo de las actividades en el tiempo previsto.

En este punto, en correspondencia con lo planteado por Balacheff (2000), consideramos que la incorporación de las TICs hace que la situación de enseñanza y aprendizaje sea mucho más compleja desde el punto de vista didáctico y, por tanto, creemos necesario avanzar en una comprensión más profunda que nos ayude a entender la mejor forma de gestionar el trabajo en el aula en estas circunstancias.

Finalmente la evaluación de los aprendizajes y las dificultades manifestadas, reafirman algunos resultados de investigaciones anteriores (Arteaga, 2011; Estrada, Batanero y Fortuny, 2004).

### **Reconocimientos:**

Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto EDU2016-74848-P (FEDER, AEI).

### **Referencias**

- Arteaga, P. (2011). *Evaluación de conocimientos sobre gráficos estadísticos y conocimientos didácticos de futuros profesores*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. Disponible en, <http://www.ugr.es/local/batanero>
- Balacheff, N. (2000). Entornos informáticos para la enseñanza de las matemáticas: complejidad didáctica y expectativas. En *Matemáticas y Educación: Retos y cambios desde una perspectiva internacional* (pp. 91-108). Barcelona: Graó.
- Batanero, C. y Díaz, C. (Eds.). (2011). *Estadística con proyectos*. Granada: Departamento de Didáctica de la Matemática.
- Buendía, L., Colás, P. y Hernández, F. (1997). *Métodos de investigación en psicopedagogía*. Madrid: Mac Graw Hill.
- Burgess, T. (2011). Teacher knowledge of and for statistical investigations. En, C. Batanero, G. Burrill, and C. Reading (eds.), *Teaching statistics in school mathematics-challenges for teaching and teacher education: a joint ICMI/IASE study*. (pp. 259-270).New York: Springer.
- Connor, D., Davies, N. y Payne, B. (2002). Web-based project and key skill work. *Teaching Statistics*, 24(2), 62-65.
- Estrada, A., Batanero, C., y Fortuny, J. M. (2004). Un estudio sobre conocimientos de estadística elemental de profesores en formación. *Educación Matemática*, 16(1).
- Franklin, C., Kader, G., Mewborn, D., Moreno, J., Peck, R., Perry, M. y Scheaffer, R. (2005). *Guidelines for assessment and instruction in statistics education (GAISE) report: A Pre-K-12 curriculum framework*. Disponible en, [http://www.amstat.org/Education/gaise/GAISEPreK-12\\_Full.pdf](http://www.amstat.org/Education/gaise/GAISEPreK-12_Full.pdf)

- Godino, J. D. (2013). Indicadores de la idoneidad didáctica de procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, 11, 111-132.
- Godino, J. D., Batanero, C. y Font, V. (2007). The onto-semiotic approach to research in mathematics education. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 39(1-2), 127-135.
- Godino, J. D., Rivas, H., Arteaga, P., Lasa, A. y Wilhelmi, M. R. (2014). Ingeniería didáctica basada en el enfoque ontológico - semiótico del conocimiento y la instrucción matemáticos, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 34(2/3), 167- 200.
- National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principios y estándares 2000*. Reston VA: NCTM. Traducción, M. Fernández (Sociedad Andaluza de Educación Matemática Thales), 2003.
- Pérez López, C. (2002). *Estadística aplicada a través de Excel*. Madrid: Prentice Hall Iberia.
- Peters, S. A. (2009). *Developing an understanding of variation: AP statistics teachers' perceptions and recollections of critical moments*. PhD. The Pennsylvania State University.
- Rivas, H., y Godino, J. D. (2015). Hechos didácticos significativos en el estudio de nociones probabilísticas por futuros maestros. Análisis de una experiencia formativa. En, J. M. Contreras, C. Batanero, J. D. Godino, G.R. Cañadas, P. Arteaga, E. Molina, M.M. Gea y M.M. López (Eds.), *Didáctica de la Estadística, Probabilidad y Combinatoria*, 2 (pp. 339-346).
- Wilhelmi, M. R., Font, V. y Godino, J. D. (2005). Bases empíricas de modelos teóricos en didáctica de las matemáticas: Reflexiones sobre la Teoría de Situaciones Didácticas y el Enfoque Ontológico y Semiótico. *Colloque International «Didactiques: quelles references epistemologiques»*. Association Francophone Internationale de Recherche Scientifique en Education. IUFM d'Aquitaine (Bordeaux, France). Versión en español disponible en, [http://www.ugr.es/~jgodino/funciones-semioticas/bases\\_empiricas\\_5junio06.pdf](http://www.ugr.es/~jgodino/funciones-semioticas/bases_empiricas_5junio06.pdf)