

Un elemento de significado en el contraste de hipótesis: La interpretación de los resultados

An element of meaning in the hypothesis test: The interpretation of results

Osmar Darío Vera

Universidad Nacional de Quilmes, Argentina

Resumen

En un problema de respuesta abierta para una prueba de hipótesis, analizamos las respuestas de (N=224) estudiantes de psicología de la Universidad de Huelva, España, en relación con el significado alcanzado por los estudiantes en la interpretación de los resultados de la prueba. Una vez resuelto, se les pidió interpretar los resultados en términos del problema. Usamos como marco teórico el enfoque onto-semiótico de la cognición matemática. Como parte del marco, consideramos los objetos matemáticos, los procesos involucrados y los resultados con el objetivo de descubrir conflictos semióticos que conducen a respuestas institucionalmente inadecuadas. Presentamos una clasificación detallada de los conflictos semióticos que emergen del análisis de esa tarea realizada por los estudiantes.

Palabras clave: interpretación de resultados, estudiantes de psicología, conflicto onto-semiótico, enfoque onto-semiótico de la cognición e instrucción matemática (EOS).

Abstract

In a hypothesis test open-ended problem, we analyzed the answers given by (n = 224) psychology students from the University of Huelva, Spain in relation to the meaning reached by the students in the interpretation of the test results. After solving the problem, they were asked to interpret the results in terms of the problem. We use the onto-semiotic approach to mathematical cognition as a theoretical framework. As part of this framework, we consider the mathematical objects, the processes involved and the results, with the aim of discovering semiotic conflicts that lead to institutionally inadequate responses. We present a detailed classification of the semiotic conflicts that emerge from the analysis of this task carried out by the students.

Keywords: interpretation of results, psychology students, onto semiotic conflicts, onto semiotic approach (OSA).

1. Introducción

Una característica común que tienen hoy en día las investigaciones que involucran a las ciencias humanas como la sociología, educación y psicología es el uso e interpretación de la inferencia estadística. La utilización de la inferencia en esas investigaciones, y en particular, del contraste de hipótesis muchas veces no resulta la más adecuada, eso se demuestra en diversas revisiones (Batanero, 2000; Batanero y Díaz, 2006). Dichos trabajos advierten de que los resultados de los contrastes estadísticos se interpretan incorrectamente en los trabajos publicados en las revistas de investigación.

Ello es preocupante, pues un elemento caracterizador de las pruebas de hipótesis es la toma de decisiones (Harradine, Batanero y Rossman, 2011), para lo cual es necesario la interpretación de los resultados en términos del problema. A pesar de la difusión del uso de software en computadores, tanto los investigadores como los estudiantes manifiestan incomprendimientos para ese proceso, ya que además ese razonamiento no se vale de los artefactos.

La incomprensión de la inferencia en estudiantes universitarios ha sido descrita en muchas investigaciones (Castro Sotos, Vanhoof, Van den Noorgate y Onghena, 2007; Vallecillos, 1994; Vera, 2017; Vera, Batanero, Díaz y López-Martín, 2016; Vera, Díaz y Batanero, 2011; 2016), sin embargo no se tienen antecedentes de estudios en relación con la interpretación de resultados estadísticos en términos del problema. Consideramos que la correcta interpretación de los resultados en un contraste llevará a una adecuada toma de decisiones, que tal como lo dijimos es el objetivo final de los contrastes de hipótesis.

Para lograr nuestro objetivo, en este trabajo, se pasó una prueba de evaluación a los estudiantes de psicología, con la finalidad de evaluar su capacidad de argumentación y las estrategias utilizadas al resolver un problema abierto. Apoyándonos en nociones teóricas del enfoque onto-semiótico de la cognición e instrucción matemática (Godino, 2002; Godino, Font y Wilhelmi, 2008 y Godino, Batanero y Font, 2012) se realizó el estudio semiótico de las respuestas dadas. De los cinco niveles del análisis didáctico descrito por los autores, en nuestro estudio ponemos la atención en el segundo nivel, el cual se centra en los objetos y procesos que intervienen en la realización de las prácticas matemáticas, y tiene como objetivo describir su complejidad onto-semiótica como un factor explicativo de los conflictos semióticos que en su realización se producen. Destacamos también para este trabajo el análisis de funciones semióticas interpretadas como la relación entre objetos, ya que permiten un refinamiento del análisis de significado en términos de las prácticas matemáticas (Godino, Batanero y Font, 2012).

Seguimos el método usado en investigaciones previas, por ejemplo, Cañadas (2012) y Gea (2014), que comparten nuestro marco teórico. De este modo, por medio de nuestro análisis comparamos el significado institucional del objeto matemático contraste de hipótesis con el significado logrado por los estudiantes para interpretar el resultado de sus procedimientos en términos del problema. En lo que sigue describimos el marco teórico utilizado; la metodología empleada, la discusión de los resultados y la conclusión del trabajo.

2. Marco teórico

Para este trabajo nos basamos en ideas teóricas en educación matemática, propuestas en el enfoque onto-semiótico de la cognición e instrucción matemática (Godino, 2002; Godino, Batanero y Font, 2012). Este enfoque concibe el significado de los objetos matemáticos o estadísticos como un sistema complejo de prácticas operativas y discursivas, donde intervienen los siguientes tipos de objetos matemáticos: situaciones problemas, lenguaje, conceptos/definiciones, argumentos y razonamientos usados para justificar o explicar a otra persona las proposiciones y procedimientos. Deberá utilizarlos para construir las regiones críticas y de aceptación, encontrar el p-valor para interpretarlos finalmente en términos del enunciado del problema.

Para un objeto matemático (en este caso la interpretación de la respuesta en términos del problema) dentro de este marco teórico es muy importante distinguir entre significado institucional y personal. El significado institucional incluye las prácticas matemáticas que se comparten en una institución, mientras que el significado personal estaría formado por las prácticas personales de un sujeto, alguna de las cuáles podrían no coincidir con las pretendidas en la institución.

Godino (2002) señala que, en las prácticas matemáticas, intervienen objetos ostensivos (símbolos, gráficos, etc.) y no ostensivos (que evocamos al hacer matemáticas); los

símbolos (significantes) remiten a entidades conceptuales (significados). Estas representaciones tienen mucha importancia para facilitar la enseñanza y el aprendizaje, pero a veces causan dificultades en los estudiantes. Godino, Batanero y Font (2012) toman de Eco (1995) la noción de función semiótica como una “correspondencia entre conjuntos”, donde intervienen tres componentes: un plano de expresión (objeto inicial, considerado frecuentemente como el signo); un plano de contenido (objeto final, considerado como el significado del signo, esto es, lo representado, lo que se quiere decir, a lo que se refiere un interlocutor) y un criterio o regla de correspondencia (esto es un código interpretativo que relaciona los planos de expresión y contenido).

Esta idea de función semiótica sirve para explicar algunas dificultades y errores de los estudiantes. Los autores denominan conflicto semiótico a las interpretaciones de expresiones matemáticas por parte de los estudiantes (significados personales) que no concuerdan con las que el profesor trata de transmitir (significados institucionales). Los autores indican que estos conflictos semióticos producen errores en los estudiantes, que no son debidos a falta de conocimiento, sino a una interpretación incorrecta de expresiones matemáticas. Utilizaremos este marco para identificar conflictos que encontremos en las respuestas para esta tarea.

3. Material y método

Se les propuso a 224 estudiantes de segundo año de psicología de la Universidad de Huelva, España (con edades entre 19 y 20 años) que resolvieran, de forma individual y por escrito, la tarea que se presenta en la Figura 1. Dicha tarea plantea un contraste de hipótesis sobre la media de una población con varianza conocida y pide al estudiante explicitar los diferentes pasos del proceso.

En el trabajo nos centramos en el análisis del punto 4, en que se pide interpretar los resultados de la decisión adoptada. La finalidad de esta pregunta fue evaluar la comprensión para la interpretación de los resultados en términos del problema presentado, a través de las respuestas dadas en relación al apartado cuarto del enunciado de la tarea (¿Qué puede el profesor concluir sobre la media en velocidad lectora de sus alumnos?).

Problema. Se sabe por diversos trabajos de investigación que los niños de seis años tienen una velocidad lectora media de 40 palabras por minuto, con varianza igual a 16. Un profesor quiere saber si los niños de su clase se sitúan o no en la media de palabras por minuto. Para ello mide la velocidad de lectura en los 25 niños de su clase, obteniendo una media de 43 palabras por minuto:

1. Define las hipótesis estadísticas.
2. ¿Qué tipo de contraste de hipótesis vas a utilizar?
3. ¿Qué decisión debes tomar sobre las hipótesis, con un nivel de confianza del 95%?
4. ¿Qué puede el profesor concluir sobre la media en velocidad lectora de sus alumnos?
5. ¿Cuál es la potencia del contraste si partimos de que el valor que toma la hipótesis alternativa es igual a 42 ($H_1: \mu = 42$)?

Figura 1. Problema planteado a los estudiantes

Los datos fueron recogidos como parte de una evaluación en una asignatura de análisis de datos II, obligatoria para los estudiantes que participaron en el estudio y en la que se abordó el muestreo, estimación de intervalos de confianza, contraste de hipótesis sobre medias y proporciones, y análisis de varianza a nivel elemental. Todos ellos habían cursado el primer año estadística descriptiva y probabilidad, en la materia análisis de datos I. Puesto que la pregunta es parte de la evaluación, los estudiantes han estudiado

el tema a fondo, para poder superar la asignatura,

Para el proceso de elaboración del problema se siguieron una serie de recomendaciones psicométricas habituales, tales como consulta con expertos y pruebas piloto. Con el fin de evaluar la comprensión de los estudiantes en esta pregunta, las respuestas se categorizaron como correctas, parcialmente correctas e incorrectas, y además dentro de cada una de ellas, se diferenció el tipo de respuesta, permitiéndonos así, realizar un análisis más detallado de las estrategias y argumentos dados por los estudiantes.

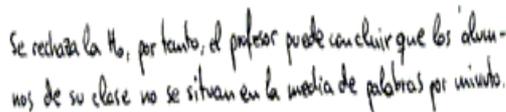
4. Descripción y discusión de los resultados

Describimos ahora las respuestas encontradas para el cuarto apartado del problema, en el cual el estudiante ha de interpretar los resultados obtenidos en términos del fenómeno que se estudia. El estudiante ha de completar el último paso en la modelización según Henry (1997), que consta de observación de la realidad, creación de un modelo matemático, trabajo con el modelo e interpretación de los resultados. Con frecuencia la fase de interpretación resulta difícil para los estudiantes ya que pocos alumnos lograron completar en la investigación de Arteaga (2011).

Respuestas correctas

C. *Realizan una interpretación correcta de los resultados, argumentando por qué los alumnos de la clase del profesor no se sitúan en la media de palabras por minuto.* Es decir, los estudiantes han completado el último paso de la modelización, consistente en traducir las implicaciones que se deducen del trabajo con el modelo matemático (el test de hipótesis realizado) a la realidad de donde surgió el problema (la velocidad lectora de los niños en la investigación descrita en el problema). En esta categoría hemos agrupado a los estudiantes que dan una argumentación precisa, a partir de rechazar la hipótesis nula. Dichos estudiantes indican, además, cuál es la conclusión que el profesor puede obtener con respecto al comportamiento de sus alumnos respecto al nivel de lectura. En la Tabla 1, se analiza un ejemplo y su análisis semiótico. Vemos que el estudiante usa símbolos y conceptos pertinentes y toma la decisión correcta, interpretando su implicación sobre la investigación descrita.

Tabla 1. Análisis semiótico de una respuesta correcta

Expresión	Contenido
	<ul style="list-style-type: none"> -El estudiante argumenta qué decisión debe tomar (proceso de argumentación con símbolos, H_0 adecuados). -Reconoce que la decisión debe ser rechazar la hipótesis nula (concepto). -Traduce la decisión al contexto del problema: los alumnos no se sitúan en la media de palabras (contextualización de resultados).

Respuestas parcialmente correctas

Hemos encontrado tres categorías de respuestas en que una parte es correcta, pero contiene algún error; en la primera, los estudiantes interpretan los resultados de su análisis en términos matemáticos, sin contextualizarlos; en la segunda y tercera, aunque contextualizan los resultados, interpretan el contraste como unilateral en una categoría,

y en otra han llegado a no rechazar la hipótesis nula, debido a errores en los pasos anteriores.

PC1. Aunque se interpreta correctamente que no hay diferencia de medias, no se relaciona la respuesta con el contexto del problema. En esta categoría agrupamos a los estudiantes que, si bien responden en términos de rechazar la hipótesis nula, lo que es la solución matemática correcta, no interpretan ese resultado en el contexto del problema; por tanto no completan el último paso del proceso de modelización (Henry, 1997). No aparece en la respuesta la conclusión que debe sacar el profesor con respecto al nivel de lectura de los alumnos de su clase, comparados con el nivel de los niños de la población en general. En la Tabla 2 se analiza un ejemplo, que muestra un conflicto en el estudiante, aunque usa correctamente las ideas de hipótesis nula y región de rechazo.

Tabla 2. Análisis semiótico de un ejemplo en la categoría PC1.

Expresión	Contenido
<i>Muy diferentes con la media poblacional.</i>	<ul style="list-style-type: none"> -El estudiante reconoce que debe rechazar la hipótesis nula (propiedad, está en la zona de rechazo). -Sin embargo, no es capaz de contextualizar. Aparece un <i>conflicto</i> ya que no utiliza el fenómeno presente en la tarea (<i>el estudio del nivel de lectura de un grupo de estudiantes</i>).

PC2. Interpreta el contraste como si se tratase de un contraste unilateral y hace una interpretación correcta para este. Decidimos agrupar en esta categoría a todos los estudiantes que respondieron a la tarea como si fuese un contraste unilateral, aún cuando el problema planteado corresponde a un contraste bilateral. Es decir, confunden el tipo de contraste, aunque lo han resuelto bien, pues han rechazado la hipótesis nula. Por otro lado, dieron una interpretación parcial del resultado obtenido en el contexto del problema. Este hecho principalmente es consecuencia de haber definido un contraste unilateral en el primer apartado de la tarea. Aunque la interpretación es consistente con la hipótesis planteada, se considera parcialmente correcta pues no está en consonancia con el objetivo del problema planteado. En la Tabla 3, analizamos un ejemplo, donde el estudiante presenta un conflicto consistente en confundir el campo de problemas.

Tabla 3. Análisis semiótico de un ejemplo en la categoría PC2

Expresión	Contenido
<i>Que la media de velocidad lectura de su clase está por encima de la media poblacional</i>	<ul style="list-style-type: none"> -El estudiante realiza el contraste en el que decide rechazar la hipótesis nula (proceso de interpretación). -Concluye que cae en la zona de rechazo de la prueba (propiedad) usando los términos del problema que se estudia, es decir, toma la decisión correcta. - Al haber planteado un contraste unilateral (<i>conflicto</i>) interpreta el rechazo al decir "<i>está por encima</i>" confunde el campo de problemas, responde como prueba unilateral derecha.

PC3. Interpretan que la media de la población es igual a la de la muestra. En esta

categoría hemos incluido a todos los estudiantes que, aunque contextualizan sus resultados en términos del problema, completando el ciclo de modelización, concluyen que los alumnos de su clase tienen igual velocidad lectora que los de la población. Ello se debe a que están asumiendo que hay que aceptar la hipótesis nula, por una confusión entre región de aceptación y rechazo, es decir, porque arrastran un error del apartado anterior (¿Qué decisión debes tomar sobre las hipótesis, con un nivel de confianza del 95%?). La confusión entre región de rechazo y aceptación fue descrita, entre otros trabajos por Vallecillos (1994). En la Tabla 4, realizamos el análisis semiótico de un ejemplo en que se muestra este conflicto.

Tabla 4. Análisis semiótico de un ejemplo en la categoría PC3

Expresión	Contenido
<p>Que sus alumnos se sitúan en la media poblacional.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -El estudiante decide no rechazar la hipótesis nula (proceso de interpretación), genera un <i>conflicto</i>, puesto que de acuerdo con los datos de la tarea, debería rechazarla (cae en la zona de rechazo: propiedad). -Al interpretar los resultados del estudio inferencial (concepto), deduce que los alumnos se sitúan en <i>la media de velocidad lectora</i>, (proceso de argumentación). La interpretación sería correcta para la decisión tomada.

Respuestas incorrectas

Únicamente se ha encontrado una categoría de respuestas totalmente incorrectas, que se describe a continuación.

II. Concluye, correcta o incorrectamente, pero no interpreta. Para esta categoría hemos seleccionado a todos los estudiantes que han respondido al apartado, ya sea rechazando o no rechazando la hipótesis nula; pero sin interpretar los resultados. La consideramos incorrecta pues se pidió explícitamente que se realizase esta interpretación, pero muchos estudiantes no son capaces de llegar a esta última fase del ciclo de modelización. En la Tabla 5, se incluye un ejemplo, donde, además de ser errónea, se usan símbolos y terminología que no coincide con la contextualización de la tarea.

Tabla 5. Análisis semiótico de un ejemplo en la categoría II

Expresión	Contenido
<p>Se acepta $H_0 \equiv \mu_{43} = \mu_{40}$</p>	<ul style="list-style-type: none"> -El estudiante decide no rechazar la hipótesis nula (proceso de interpretación). Responde en términos de aceptarla (concepto: proceso lógico del contraste de hipótesis). Genera <i>conflictos</i> uno al no rechazarla y otro respondiendo en términos de “aceptarla”. -Utiliza simbología no institucionalmente aceptada, <i>conflicto</i> (atributo expresión-contenido desarticulado), -<i>Conflicto</i>, no interpreta los resultados.

Los resultados obtenidos en esta pregunta se resumen en la Tabla 6, desglosados en las diferentes categorías de respuestas descritas.

De la Tabla 6 se desprende que aproximadamente un 25% de respuestas se han

codificado como correctas, es decir, se trata de estudiantes que toman la decisión adecuada y son capaces de interpretarla. Es alto el porcentaje de respuestas parcialmente correctas <, que en total suponen el 39,3% de los estudiantes, de las cuales solo casi un 5% corresponden a estudiantes que si bien responden rechazando la hipótesis nula, no lo hacen usando términos del enunciado del problema; y un 3,1% es para los que hace una interpretación correcta, pero como contraste unilateral, confundiendo el campo de problemas.

Tabla 6. Frecuencias y porcentajes de respuestas

Categorías		Frec.	%
C.	Correctas	55	24,6
PC1.	Interpretación correcta del resultado, pero sin relacionar con el contexto.	11	4,9
PC2.	Interpreta contraste unilateral correctamente.	7	3,1
PC3.	Interpretan, aceptando la igualdad de media de población y muestra.	60	31,3
I1.	No interpreta los resultados en el contexto del problema.	9	4,0
I2.	No relacionadas con la tarea	5	2,2
S/R	Sin respuesta	67	29,9
Total		224	100,0

La mayoría de los estudiantes con respuestas parcialmente correctas interpreta que no rechaza H_0 , confundiendo por tanto las regiones de aceptación y rechazo. Si consideramos las respuestas correctas, los que han interpretado, de acuerdo a sus resultados (PC2 y PC3), obtenemos un 59% de estudiantes que han sabido contextualizar los resultados del estudio estadístico, completando el ciclo de modelización descrito por Henry (1997). Este es un porcentaje muy alto, en comparación con estudios como el de Arteaga (2011), en que menos del 25% de futuros profesores de educación primaria eran capaces de completar este paso. En el trabajo de Cañadas *et al.* (2012) un 31,5% no alcanza a interpretar el resultado en relación con el contexto del problema.

Es verdad que una gran parte de estos estudiantes han confundido los pasos previos, o bien han usado un contraste unilateral, o llegaron a no rechazar la hipótesis nula, pero la interpretación que hacen es correcta. Hay además un pequeño porcentaje que no llega a contextualizar (I1) y alrededor del 30% no responde este apartado.

5. Conclusiones

A continuación y a modo de conclusión describimos en forma pormenorizada los *conflictos semióticos encontrados* y los *comentarios finales* sobre el trabajo. En el análisis del apartado podemos resumir que se han encontrado los siguientes conflictos:

- *No contextualiza los resultados del análisis estadístico al fenómeno presente en la tarea*, que aparece en las categorías PC1, además de en I1 e I2 (11,1% de estudiantes). Por tanto no son capaces de completar el ciclo de modelización estadística, posiblemente por efecto del contrato didáctico, pues, con frecuencia, resolver un problema matemático es dar su solución, sin interpretarla.
- *Confunde la prueba bilateral y unilateral* (aparece en PC2, 3,1% de estudiantes).

Ello implica una confusión del campo de problemas y puede llevar a una decisión equivocada.

- *Confunde las regiones de aceptación y rechazo y no rechaza la hipótesis nula cuando debería hacerlo* (aparece en las categorías PC3 e I1; en total un 35,3% de estudiantes). Esta dificultad también la encuentra Cañadas *et al.* (2012) y Vallecillos (1994).
- *Responde en términos de aceptar la hipótesis nula* (aparece en I1; representa el 4% de estudiantes. Esto supone un error descrito por Batanero (2000), ya que la hipótesis nula se plantea para rechazarla o no rechazarla.
- *Utiliza símbolos incorrectos* (aparece en la categoría I1, en el 4%) haciendo un uso inadecuado del lenguaje matemático.
- *Confunde media muestral con poblacional* (aparece en I1, 4% de estudiantes). Esta dificultad es descrita en Harradine, Batanero y Rossman (2011).

En este trabajo informamos sobre la comprensión de los estudiantes y los significados personales alcanzados en torno a nuestro objeto de estudio, de acuerdo con las unidades de contenido definidas. Se trata de una aportación original, ya que no se han encontrado investigaciones en el ámbito de la didáctica de la estadística que estudien la interpretación de resultados en pruebas de hipótesis en términos del fenómeno presente en el problema.

Podemos concluir que la mayor dificultad la hemos encontrado en la confusión entre las regiones de rechazo y aceptación, además de no rechazar la hipótesis nula cuando debería hacerlo de acuerdo con los procedimientos llevados a cabo (35,3%).

Creemos que estos resultados permitirán mejorar la enseñanza actual sobre el tema, a pesar de la característica intencional de la muestra y de la limitación del significado de referencia. Hemos aportado un material teórico generado desde la concepción de la didáctica de la estadística como ciencia descriptiva/explicativa original, ya que no hemos encontrado otras investigaciones que traten este tema. Sería deseable y haciendo base en este material, trabajar con una teoría útil y robusta que considere las conexiones entre la enseñanza en la clase y el aprendizaje de los estudiantes en relación con la interpretación de los resultados en términos del problema.

6. Referencias

- Arteaga, P. (2011). *Evaluación de conocimientos sobre gráficos estadísticos y conocimientos didácticos de futuros profesores*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Batanero, C. (2000), Controversies around the role of statistical tests in experimental research. *Mathematical Thinking and Learning*, 2(1-2), 75-98.
- Batanero, C. y Díaz, C. (2006). Methodological and didactical controversies around statistical inference. *Actes du 36ièmes Journées de la Société Française de Statistique* [CD-ROM]. Paris: Société Française de Statistique.
- Cañadas, G. (2012). *Comprensión intuitiva y aprendizaje formal de las tablas de contingencia en alumnos de psicología*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Castro Sotos, A. E., Vanhoof, S., Van den Nororgate, W., Onghena, P. (2007). Student's misconceptions of statistical inference: A review of the empirical evidence form research on statistical education. *Educational Research*

- Review*, 2(2), 98-113.
- Gea, M. M. (2014). *La correlación y regresión en Bachillerato: análisis de libros de texto y del conocimiento de los futuros profesores*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- Godino, J. D. (2002). Un enfoque ontológico y semiótico de la cognición matemática. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 22(2/3), 237-284.
- Godino, J. D., Batanero, C., y Font, V. (2012). Um enfoque onto-semiótico do conhecimento ea instrução matemática. *Acta Scientiae*, 10(2), 7-37.
- Godino, J. D., Font, V. y Wilhelmi, M. R. (2008). Análisis didáctico de procesos de estudio matemático basado en el enfoque-ontosemiótico. *Publicaciones*, 38, 25-48.
- Harradine, A., Batanero, C. y Rossman, A. (2011). Students and teachers' knowledge of sampling and inference. En C. Batanero, G. Burrill y C. Reading (Eds.), *Teaching statistics in school mathematics. Challenges for teaching and teacher education* (pp. 235-246). New York: Springer.
- Henry, M. (1997). Notion de modèle et modélisation en l'enseignement. *En Enseigner les probabilités au lycée* (pp. 77-84). Reims: Commission Inter-IREM.
- Vallecillos, A. (1994). *Estudio teórico-experimental de errores y concepciones sobre el contraste estadístico de hipótesis en estudiantes universitarios*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Vera, O. (2017). Análisis de varianza elemental versus contraste de hipótesis: Comprensión de las hipótesis estadísticas mediante la identificación y comparación de conflictos semióticos. En J.M. Contreras, et al. (eds.). *Segundo Congreso Internacional Virtual sobre el Enfoque Ontosemiótico del Conocimiento y la Instrucción Matemáticos: Actas*. Granada: Universidad de Granada, 2017. [<http://hdl.handle.net/10481/45404>].
- Vera, O., Batanero, C., Díaz, C. y López-Martín, M.M. (2016). Assessing psychology students' difficulties in elementary variance analysis. *Diálogo Educativo*, 16(48), 487-511.
- Vera, O., Díaz, C. y Batanero, C. (2011). Dificultades en la formulación de hipótesis estadísticas por estudiantes de Psicología. *Unión*, 27, 41-61.
- Vera, O., Díaz, C. y Batanero, C. (2016). Comprensión de las hipótesis del análisis de varianza por estudiantes de psicología. *Educação Matemática Pesquisa*, 18(3). Disponible en: <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/31488>.