

Explicaciones de profesores sobre concepciones de estudiantes de bachillerato acerca de pruebas de significación

Francisco Sepúlveda Vega ¹
Ernesto Sánchez Sánchez ²

RESUMEN

¿Cómo explican los profesores de bachillerato las concepciones de los estudiantes al resolver problemas de pruebas de significación bajo un enfoque informal que utiliza tecnología? Los profesores nunca han enseñado las pruebas de significación bajo este enfoque, y, por lo tanto, tampoco están familiarizados con las concepciones que provoca en los estudiantes. Las explicaciones que proporcionaron cuatro equipos de profesores sobre dos respuestas de estudiantes a problemas de pruebas de significación se separaron en proposiciones. El análisis consistió en clasificar estas proposiciones en negativas, positivas no inferenciales y positivas inferenciales. Ninguno de los equipos logró desentrañar las dos concepciones que subyacen en las respuestas de los estudiantes, quizás por su falta de experiencia con el enfoque informal. Sin embargo, las proposiciones positivas inferenciales son un indicio de que se avanza en la dirección correcta.

PALABRAS CLAVE

Prueba de significación, Distribución muestral simulada, Desarrollo profesional, Conocimiento del contenido y de los estudiantes

¹ francisco.sepulveda@cinvestav.mx

Departamento de Matemática Educativa, CINVESTAV, México
<https://orcid.org/0000-0002-3615-3493>

² esanchez0155@gmail.com

Departamento de Matemática Educativa, CINVESTAV, México
<https://orcid.org/0000-0002-8995-7962>

INTRODUCCIÓN

Las pruebas de significación se utilizan ampliamente en muchas disciplinas, tanto de ciencias puras como sociales, pero suelen malinterpretarse por los estudiantes de los cursos de estadística, e incluso, por los mismos investigadores (Vallecillos, 1995). Lo anterior ha generado controversia sobre su uso en la comunidad científica (Batanero, 2000; Wassertein & Lazar, 2016). Las tecnologías digitales y algunos softwares dinámicos (eg., CODAP, Fathom) ofrecen una alternativa para la enseñanza de estas pruebas desde un enfoque informal (Batanero & Díaz, 2015), el cual permite a estudiantes de bachillerato manipular representaciones concretas de conceptos (e.g., p-valor, distribuciones muestrales) que en el pasado solo eran para niveles universitarios. Introducir estas pruebas desde el bachillerato parece una opción interesante para que los estudiantes se familiaricen con nociones básicas de inferencia desde edades tempranas, y así tengan mayores oportunidades de sortear y discutir algunas de las principales malinterpretaciones de las pruebas estadísticas (García-Ríos, 2017). No obstante, los profesores de bachillerato desconocen este acercamiento y, por ende, no están familiarizados con el razonamiento de los estudiantes bajo este paradigma. Nos preguntamos ¿cómo explican los profesores de bachillerato las concepciones de los estudiantes al resolver problemas de pruebas de significación bajo un enfoque informal después de una breve introducción al tema?

MARCO CONCEPTUAL

Pruebas de significación

El argumento de una prueba de significación es: *Si una muestra es inusual suponiendo que la hipótesis nula es verdadera, entonces se rechaza la hipótesis nula*. En esta formulación destacan las nociones de hipótesis nula, muestra inusual y rechazo. En el caso de pruebas de proporciones, el término “hipótesis” significa asignar un valor numérico a la proporción de la población, y el adjetivo “nula” quiere decir que hasta el momento de la prueba se ha considerado dicha asignación como la verdadera o más plausible. Una muestra-dato es inusual si la probabilidad de que ésta ocurra u otra más extrema, bajo el supuesto de que la hipótesis nula es cierta, es muy pequeña (generalmente menor que 0.05). A dicha probabilidad se le llama p-valor. Finalmente, si la muestra es inusual bajo la hipótesis nula quiere decir que ésta no explica suficientemente que haya ocurrido la muestra y, por tanto, se rechaza.

El procedimiento no afirma que la hipótesis nula es falsa, sino que sólo es poco razonable que haya ocurrido un evento con tan poca probabilidad. Un problema en el procedimiento anterior es ¿cómo evaluar si la muestra-dato es inusual? El acercamiento informal para hacer esta evaluación consiste

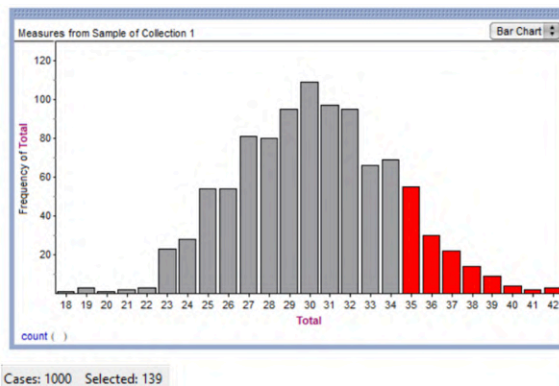
en simular, por computadora, muchas muestras aleatorias del tamaño de la muestra-dato, tomándolas de una población con la proporción igual a la hipótesis nula. Con suficientes simulaciones (más de 500) se obtiene una distribución muestral simulada (DMS); ésta se utiliza para calcular la frecuencia con la que ocurren muestras con las características de la muestra-dato u otras más extremas y, por tanto, dichas frecuencias relativas estiman el p -valor.

Distribución muestral simulada (DMS)

En Fathom y en otros softwares que tenga elementos gráficos como salida, una DMS se observa como en la Figura 1. Esta DMS se obtuvo simulando 1000 muestras con reemplazo de tamaño $n=60$ a partir de una urna virtual con proporción $p=0.5$. A continuación se describe el proceso para obtener esta DMS. En una urna virtual se colocaron dos pelotas, una negra y una blanca. A partir de esta urna se sacaron 1000 muestras con reemplazo, cada una de tamaño 60. Para cada muestra se contabilizó el número de bolas negras que se obtuvo. Se observa en la Figura 1 que esta cantidad varió desde 18 hasta 42. La DMS es una gráfica de frecuencias de estas proporciones, es decir, permite cuantificar el número de veces, de las 1000 simulaciones, que se obtuvo cada valor. Gracias al Teorema del Límite Central, para un número suficiente de simulaciones, esta distribución tiende a una normal. Así, la DMS funciona como un patrón de variación que nos ayuda a estimar la probabilidad de obtener una muestra-dato en particular o un intervalo de muestras. El software permite seleccionar rangos de la DMS y observar el número de muestras seleccionadas.

Figura 1

DMS en Fath



En la Figura 1 se seleccionaron 139 muestras de las 1000 simuladas, lo que indicaría que obtener una muestra-dato con una proporción de al menos 35 casos favorables tendría una probabilidad aproximada de 13.9% (ésta es

una estimación del p -valor). A esto nos referimos cuando indicamos que el acercamiento informal utilizando tecnología brinda la posibilidad de manipular representaciones concretas de conceptos que en el pasado solo eran accesibles para niveles universitarios, como el p -valor o la distribución muestral.

Acercamiento informal a las pruebas estadísticas

Se ha promovido buscar acercamientos informales a la inferencia estadística que prefiguren las ideas y procedimientos tradicionales más formales (e.g., Makar & Rubin, 2009). No obstante, lo que se considera como informal es resbaladizo y depende “*de la naturaleza de las tareas inferenciales que se estudian, de la complejidad de los conceptos estadísticos o probabilísticos involucrados, del nivel educativo, y de otros factores*” (Pratt & Ainley, 2008, p. 3). En este trabajo, lo informal se expresa de diferentes maneras. Primero, utilizamos pruebas de significación y no pruebas de hipótesis, las cuales, aunque son más comunes, también son más complejas por contemplar una hipótesis alternativa y dos distintos tipos de errores. Como ya se explicó, en las pruebas de significación solo existe una única hipótesis nula y dos posibles decisiones: rechazarla o no rechazarla. Segundo, usamos pruebas de proporciones y no de medias, esto con el objetivo de simplificar el procedimiento y facilitar la simulación. Tercero, usamos DMS y no distribuciones teóricas, pues de esta manera se evitan conceptos formales como la desviación estándar, la distribución normal, el uso de tablas y las fórmulas y cálculos de estandarización. Cabe destacar que un aspecto fundamental de la inferencia informal es que sea una antesala para la inferencia con mayores niveles de formalidad, y solo debe concebirse como una etapa transitoria.

ANTECEDENTES

Concepciones de los estudiantes sobre pruebas de significación

Hemos caracterizado dos concepciones que presentan los estudiantes cuando se enfrentan a un acercamiento informal de las pruebas de significación (Sepúlveda & Sánchez, 2022). Estas concepciones están íntimamente relacionadas con el uso de tecnología, y conocerlas permitiría a los profesores familiarizarse con las maneras particulares de razonar que pueden surgir en el aula bajo este enfoque. En un nivel ingenuo, los estudiantes toman la decisión de rechazar las hipótesis con base en la DMS, confundiendo ésta con la población y omitiendo la muestra-dato. En esta concepción, los estudiantes creen que la DMS tiene información de la población real, y por eso la denominamos aquí “concepción ingenua de la DMS”. En un nivel más avanzado, los estudiantes utilizan la DMS para observar si la muestra-dato es posible o no suponiendo que H_0 es verdadera (sin utilizar un

lenguaje probabilístico), lo cual denominamos una “concepción determinista” de las pruebas de significación.

Conocimiento sobre los estudiantes

El profesor, además de tener conocimiento con respecto al contenido del curso, que en nuestro caso son las pruebas de significación bajo un enfoque informal, debe también tener conocimiento pedagógico. El conocimiento pedagógico tiene varios componentes, y uno que es importante en este estudio es el conocimiento sobre los estudiantes (Ball et al., 2008; Groth, 2007). Éste implica conocer las dificultades, intuiciones y concepciones comunes de los estudiantes con respecto al contenido que enseñan, lo que puede permitirle al profesor pasar de un rol de evaluador a un rol de guía en el que se tome en cuenta la manera de razonar de los estudiantes. Además, brinda las bases para planear las actividades.

Investigaciones anteriores han descrito la manera en la que los estudiantes comprenden las distribuciones muestrales y las pruebas de significación bajo un acercamiento informal (Case & Jacobbe, 2018; García-Ríos, 2017; Inzunza & Islas, 2019). Inzunza e Islas (2019) caracterizaron el razonamiento que estudiantes universitarios de ciencias sociales desarrollaron sobre las distribuciones muestrales después de completar una trayectoria de aprendizaje, en la cual adoptaron un enfoque informal y utilizaron Fathom para la simulación de muestreos. Los investigadores encontraron que la trayectoria de aprendizaje ayudó a muchos estudiantes a desarrollar un esquema de razonamiento correcto sobre los diversos conceptos que se involucran en las distribuciones muestrales. De hecho, los estudiantes lograron diferenciar correctamente entre muestras usuales e inusuales en una distribución muestral, concepto clave para las pruebas estadísticas. Sin embargo, se observaron dificultades en el manejo del lenguaje estadístico.

Por su parte, García-Ríos (2017) describió el progreso de un grupo de 36 estudiantes que trabajaron en parejas para resolver 4 problemas de pruebas de significación utilizando Fathom. El análisis se desarrolló mediante la clasificación SOLO, la cual permitió describir y demostrar avances en el razonamiento de los estudiantes con respecto a la realización y uso de la simulación, así como a la estimación del p -valor. Los avances reportados fueron considerables, pero también se señalaron dificultades en el manejo de la incertidumbre.

Por otro lado, Case y Jacobbe (2018) entrevistaron a estudiantes de bachillerato que habían recibido instrucciones para realizar inferencias teóricas y basadas en simulación. Al igual que García-Ríos (2017), los autores adoptaron un enfoque de resolución de problemas y encontraron resultados similares. Se reportan dos problemas principales que surgen bajo el enfoque informal; por un lado, se identificó que los estudiantes tienen dificultades para coordinar la relación entre la población, la distribución de una única

muestra, y la distribución de estadísticos coleccionados de múltiples muestras. Por otro lado, encontraron que los estudiantes tienen dificultades para coordinar dos distintas perspectivas: el mundo real en el que se recolecta la muestra-dato y la perspectiva hipotética en la que se asume que la hipótesis nula es verdadera. En particular, reportan que los estudiantes confunden la simulación con la replicación, es decir, los estudiantes tratan a las muestras simuladas como una manera de replicar todo el estudio. Esto conduce a aplicaciones equivocadas de la lógica de la inferencia, como contar cuántas muestras son más extremas que el centro de la DMS, o a nunca rechazar la hipótesis nula puesto que la distribución generada bajo el supuesto de que ésta es verdadera siempre está centrada en su proporción.

Con respecto a los profesores en servicio, solamente encontramos el trabajo de Matuszewski (2018), quien enseñó a tres docentes el enfoque informal a las pruebas estadísticas, y posteriormente los entrevistó. Matuszewski reportó que, después de algunas actividades con simulación, estos pueden mejorar su comprensión de la lógica de las pruebas de hipótesis, por lo que los profesores encontraron útil este acercamiento a las pruebas. No obstante, no abordó su conocimiento sobre los estudiantes.

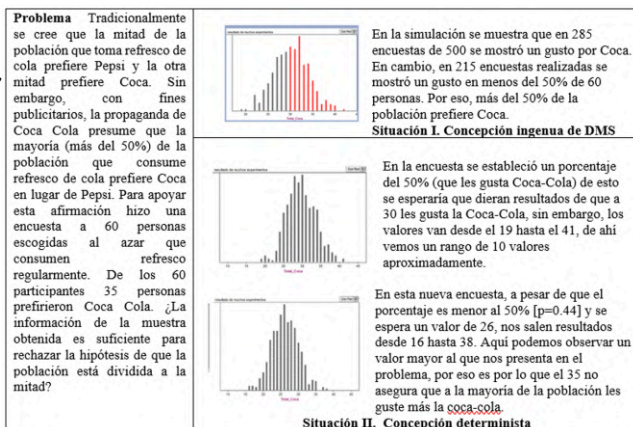
MÉTODO

En un curso virtual expusimos a cuatro equipos de profesores de bachillerato (de entre tres y cuatro integrantes cada uno) respuestas de estudiantes a un problema de prueba de significación, el cual estaba resuelto bajo el enfoque informal (ver Figura 2 lado izquierdo). Este problema podría responderse utilizando la DMS de la Figura 1, y se obtendría un p-valor aproximado de 13.9%, por lo que la decisión para un nivel de significación de 5% sería de no rechazar la hipótesis nula ($H_0=0.5$). Los profesores tenían amplia experiencia enseñando matemáticas y estadística, pero muy poca exposición al enfoque informal, pues solamente habían recibido instrucciones sobre cómo simular DMS en Fathom y habían resuelto dos problemas de pruebas de significación bajo este enfoque.

Las respuestas de los estudiantes a las que expusimos a los profesores contenían la concepción ingenua de la DMS (Situación 1) y una versión de la concepción determinista, en la que los estudiantes utilizan dos distintas DMS para decidir si la muestra-dato es posible (Situación 2). Las respuestas se presentan de manera simplificada para facilitar su lectura (ver Figura 2 lado derecho). Solicitamos a los equipos de profesores identificar y definir los problemas que encontraron en las respuestas de los estudiantes, así como explicar por qué creían que procedieron de esa manera. Nuestro objetivo era que los profesores dilucidaran aspectos de las concepciones de los estudiantes y se familiarizaran con el uso que hacen de la DMS para hacer la inferencia.

Analizamos las respuestas de los profesores y las comparamos para clasificarlas. Obtuvimos tres categorías distintas de respuestas (ver Tabla 1): proposiciones negativas, proposiciones afirmativas no inferenciales y proposiciones afirmativas inferenciales. Finalmente, definimos y describimos las características de cada una de estas categorías.

Figura 2
Análisis de



RESULTADOS

Se presenta una descripción de las características de cada uno de estos tipos de proposiciones.

Proposiciones negativas

Se enfocan en lo que los estudiantes no hicieron. Suelen ser negaciones, señalan una ausencia o deficiencia al comparar la respuesta de los estudiantes con un esquema que ellos consideran correcto. Denotan una postura evaluadora y no se desarrolla el conocimiento que tiene el profesor sobre los estudiantes.

Proposiciones positivas no inferenciales

Son proposiciones afirmativas descriptivas, pues se limitan a describir o repetir lo que los estudiantes respondieron y no profundizan o intentar comprender su razonamiento. Estas proposiciones tampoco desarrollan el conocimiento de los profesores sobre los estudiantes.

Proposiciones positivas inferenciales

Son afirmaciones inferenciales y explicativas. Estas abren la posibilidad de que el profesor obtenga consecuencias pedagógicas, intentan dilucidar el

razonamiento de los estudiantes y generan un modelo que explica la situación observada desde su punto de vista.

Cabe enfatizar que los tres tipos de proposiciones pueden estar presentes en una misma respuesta de los equipos. Hubo algunas respuestas que no se incluyeron en la tabla porque fueron imposibles de comprenderse, y, por ende, de clasificarse.

	Proposiciones negativas	Proposiciones positivas no inferenciales	Proposiciones positivas inferenciales
Situación I	E1: No consideran la idea de la prueba de hipótesis, poder contrastar E1: Ignoran el nivel de significación E2: No están respondiendo la pregunta E2: No saben para qué sirve la muestra y no la utilizan E2: No tienen claro el concepto de variabilidad en las muestras E3: No realizan una inferencia E4: No comprenden la inferencia	E1: Se enfocan hacia la preferencia de Coca- Cola, tratando de señalar el favoritismo en el refresco E2: Totalizan las muestras en la distribución muestral E3: Los alumnos describen lo que ven en la gráfica E3: Los alumnos hacen una aproximación utilizando el software E4: Usan la palabra encuesta en lugar de muestra	E1: No encuentran diferencia entre población y muestra E4: Los alumnos confunden una muestra con la población
Situación II	E1: No comprenden la diferencia entre parámetro y estadístico E1: No comprenden la función de la prueba de hipótesis E1: No comprenden el nivel de significación E2: No tienen claro algunos conceptos E3: No perciben la necesidad de repetir el experimento E3: No es claro por qué consideran arbitrariamente ± 10	E2: Plantearon empíricamente un valor crítico para decidir si aceptan o no la hipótesis a partir de la muestra E4: Toman intuitivamente un valor crítico	E1: Tratan de ajustar la información de la población con la información de la muestra E3: Consideran que una sola muestra debe tener una proporción del atributo igual a la proporción de la población E3: Si la proporción de la población es " p ", ellos esperan que al tomar una muestra de elementos de la población se mantenga la misma proporción de la población sin considerar que estamos ante un fenómeno aleatorio

Con respecto a las proposiciones negativas cabe preguntarse ¿Por qué los profesores se concentran en considerar aspectos ausentes y no los elementos presentes de las respuestas? Proponemos tres posibles razones. Por un lado, el hecho de que los profesores hayan aprendido el enfoque a las pruebas de significación a través de un método tradicional y mecanizado puede que los haya hecho analizar las respuestas de los estudiantes en términos de este proceso, lo cual se refleja en la generalidad de sus respuestas, como cuando el E1 comenta que los estudiantes “No consideran la idea de la prueba de

hipótesis”. Por otro lado, el cuestionario invitaba a los profesores a identificar los problemas en las respuestas de los estudiantes, lo cual pudo haber introducido un sesgo en sus respuestas, provocando que buscaran ausencias y deficiencias en vez de intentar explicar su razonamiento. Finalmente, se ha reportado que algunos profesores suelen adoptar una postura evaluadora (Davis, 1996) en la que clasifican las respuestas solamente como correctas o incorrectas (Crespo, 2000). Al parecer, estas tres razones pudieron provocar que los profesores adoptaran una postura evaluadora y no buscaran explicaciones detrás de las respuestas de los estudiantes, sino que se limitaran a compararlas con un esquema que ellos consideran correcto.

Con respecto a las proposiciones positivas no inferenciales, se observa un esfuerzo de los profesores por describir lo que observan y ponerlo en otras palabras, más no de interpretar el razonamiento de los estudiantes. Estas descripciones son superficiales y quizás también denoten un conocimiento precario sobre el enfoque informal a las pruebas de significación. De alguna manera, el acercamiento informal es más empírico que el acercamiento tradicional, por eso aparecen las palabras “empíricamente” e “intuitivamente” al describir las respuestas de los estudiantes. Los profesores resaltan el hecho de que los estudiantes seleccionen de manera intuitiva los valores críticos como algo que hay que corregir en lugar de desentrañar en qué se basan sus intuiciones.

Con respecto a los comentarios positivos inferenciales, se observa que las interpretaciones de los profesores acerca de las respuestas de los estudiantes son periféricas y no se refieren al argumento que éstos expresan. Por ejemplo, en las soluciones que proponen los estudiantes y en el procedimiento que se espera que aprendan es central el papel de la DMS, no obstante, los equipos de profesores (excepto en un caso) no mencionaron a la DMS en sus comentarios. Sin embargo, en estas respuestas ya se observa un esfuerzo por dilucidar cómo razonan los estudiantes bajo el enfoque informal, como sucede cuando los equipos notan que los estudiantes confunden la muestra con la población. En este análisis, los profesores observan la confusión de los alumnos, pero a su vez, también toman a la DMS como la “población”. Los profesores están cayendo en la misma falsa concepción de la DMS que los estudiantes. En realidad, los profesores querían argumentar que los estudiantes confunden la DMS con la población. Esta falsa concepción se reitera cuando el E1 en la Situación 2 indica que los estudiantes “tratan de ajustar la información de la población con la información de la muestra”; pero querían decir que tratan de ajustar la información de la DMS con la información de la muestra.

En conjunto, en los tres tipos de proposiciones se observa que los profesores no tienen claro el esquema de aprendizaje de las pruebas de significación basado en simulación. En el caso menos favorable, los evalúan con relación

a los procedimientos formales. En el mejor de los casos, hacen una interpretación de sus razonamientos, pero sus conocimientos sobre el uso de la DMS bajo el enfoque informal son insuficientes para comprender las intuiciones de los estudiantes y terminan cayendo en las mismas falsas concepciones que ellos, lo cual los imposibilitaría para enseñar este enfoque en sus aulas de manera adecuada.

En resumen, ninguna de las proposiciones que sugieren los profesores ofrece una conexión convincente con lo que hacen los estudiantes, ya que no logran dilucidar las concepciones de la confusión entre DMS y población, y tampoco la concepción determinista presente en las respuestas.

CONCLUSIÓN

En los cursos de actualización de los profesores convendría desarrollar su habilidad para interpretar el razonamiento de los estudiantes, sobre todo si se aborda de manera sostenida (Jacobs et al., 2010). En nuestro caso se comenzaron a observar indicios en esta dirección, pues no todas las proposiciones de los profesores son negativas o positivas no inferenciales. El ideal sería que los profesores propusieran descripciones positivas inferenciales tratando de explicar, y no evaluar, las respuestas de los estudiantes y se familiarizaran con sus concepciones. No obstante, antes es necesario que los profesores comprendan y se apropien del enfoque informal a las pruebas de significación.

Una limitante de nuestro estudio fue haber solicitado a los profesores que describieran de manera general los problemas que encuentran en las respuestas, en lugar de solicitarles describir específicamente cómo hicieron los estudiantes la inferencia, cómo estimaron el p -valor y cómo usaron el valor crítico. Seguramente este tipo de preguntas les hubiera permitido intentar dilucidar con mayor profundidad los razonamientos de los estudiantes. La siguiente fase de nuestra investigación se orienta en ese sentido, y pretende desarrollar el conocimiento sobre el enfoque informal de los profesores a partir de la discusión abierta de las concepciones de los estudiantes que se presentan bajo este enfoque.

REFERENCIAS

- Ball, D., Thames, M., & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching, what makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389–407.
<https://doi.org/10.1177/0022487108324554>
- Batanero, C. (2000). Controversies around the role of statistical tests in experimental research. *Mathematical Thinking and Learning*, 2(1–2), 75–98.
https://doi.org/10.1207/S15327833MTL0202_4
- Batanero, C., & Díaz, C. (2015). Aproximación informal al contraste de hipótesis. En J. Contreras, C. Batanero, J. Godino, G. Cañadas, P. Arteaga, E. Molina,

- M. M. Gea, & M. M. López (Eds.), *Didáctica de la Estadística, Probabilidad y Combinatoria* (Vol. 2, pp. 135–144). Grupo de Investigación en Didáctica de la Estadística, Probabilidad y Combinatoria de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática. <https://bit.ly/3xmRcgU>
- Case, C., & Jacobbe, T. (2018). A framework to characterize student difficulties in learning inference from a simulation-based approach. *Statistics Education Research Journal*, 17(2), 9–29. <https://doi.org/10.52041/serj.v17i2.156>
- Crespo, S. (2000). Seeing more than right and wrong answers: prospective teachers' interpretations of students' mathematical work. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 3, 155–181. <https://doi.org/10.1023/A:1009999016764>
- Davis, B. (1996). *Teaching mathematics: Toward a sound alternative*. Garland Publishing.
- García-Ríos, V. N. (2017). *Diseño de una Trayectoria Hipotética de Aprendizaje para la Introducción y Desarrollo del Razonamiento sobre el Contraste de Hipótesis en el Nivel Medio Superior*. [Tesis doctoral, Cinvestav]
- Groth, R. (2007). Toward a conceptualization of statistical knowledge for teaching. *Journal for Research in Mathematics Education*, 38(5), 427–437. <https://doi.org/10.2307/30034960>
- Inzunza, S., & Islas, E. (2019). Análisis de una trayectoria de aprendizaje para desarrollar razonamiento sobre muestras, variabilidad y distribuciones muestrales. *Educación Matemática*, 31(3), 203–230. <https://bit.ly/49fvdpp>
- Jacobs, V., Lamb, L., & Philipp, R. (2010). Professional noticing of children's mathematical thinking. *Journal for Research in Mathematics Education*, 41(2), 169–202. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.41.2.0169>
- Makar, K., & Rubin, A. (2009). A framework for thinking about informal statistical inference. *Statistics Education Research Journal*, 8(1), 82–105. <https://doi.org/10.52041/serj.v8i1.457>
- Matuszewski, A. (2018). *High School Statistics Teacher's Understanding of Hypothesis Testing Through Simulation*. [Tesis Doctoral, Middle Tennessee State University].
- Pratt, D., & Ainley, J. (2008). Introducing the special issue on informal inferential reasoning. *Statistics Education Research Journal*, 7(2), 3–4. <https://doi.org/10.52041/serj.v7i2.466>
- Sepúlveda, F., & Sánchez, E. (2022). Conocimientos de profesores de bachillerato sobre un acercamiento informal a las pruebas de significación estadística. En A. Salcedo, & D. Díaz-Levicoy (Eds.), *Formación del profesorado para enseñar estadística: retos y oportunidades* (pp. 297–320). Universidad Católica del Maule.
- Vallecillos, A. (1995). Comprensión de la lógica del contraste de hipótesis en estudiantes universitarios. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 15(3), 53–81. <https://bit.ly/3VFiyt2>
- Wasserstein, R., & Lazar, N. (2016). The ASA's statement on p-values: Context, process, and purpose. *The American Statistician*, 70(2), 129–133. <https://doi.org/10.1080/00031305.2016.1154108>