

El pensamiento estocástico: entorno indispensable en la enseñanza de la estadística inferencial

Walz, María Florencia ¹

Resumen

En este artículo se relata una experiencia de enseñanza de la Estadística Inferencial que tuvo como objetivo contribuir al conocimiento significativo de ésta área temática; especialmente, el de los Test de hipótesis paramétricos. La misma fue llevada a cabo en un curso de Estadística de posgrado para profesionales de la salud. Se basó en intervenciones dialécticas que priorizaban el uso de la psicología del pensamiento probabilístico en problemas reales y en el empleo de simulaciones (estrategia didáctica destinada a evitar la incomprensión del tema por posibles obstáculos epistemológicos previos). Los resultados obtenidos dan cuenta de mejoras en el aprendizaje significativo del tema objetivo; aclarándose que las conclusiones obtenidas no son inferibles a contextos generales por tratarse de una experiencia particular que podría enmarcarse en un estudio no controlado.

Palabras clave: didáctica de la estadística, aprendizaje significativo, estadística inferencial

Summary

In this article a teaching experience of Inferential Statistics is described, which aimed was to contribute to significant knowledge of this subject area; especially the parametric test. It was carried out in a graduate statistics course for health professionals. It was based on dialectical interventions which prioritized the use of probabilistic thinking in real problems and in the use of simulations (didactic strategy to avoid epistemological obstacles). The results obtained show significant improvements in learning the target area; clarifying that the conclusions are not inferable to general contexts because it is a unique experience that could be framed in an uncontrolled study.

Keywords: statistical teaching, meaningful learning, inferential statistics

¹ Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Litoral.
Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad Autónoma de Entre Ríos.
florencia.walz@gmail.com

Introducción

El pensamiento probabilístico, aunque no nos demos cuenta, es frecuentemente empleado cuando nos enfrentamos a entornos de incertidumbre en los que debemos emitir un juicio, predecir o tomar una decisión. Esta tipología se caracteriza, fundamentalmente, por una fuerte carga inferencial basada en situaciones conocidas que influyen en las representaciones psicológicas personales y montan escenarios de referencia a partir de los cuales, mediante algún proceso cognitivo, se construye el conocimiento que permite valorar, en términos de probabilidad, un acontecer futuro.

En cuestiones cotidianas, en las que el pensamiento probabilístico es usado de manera intuitiva, la idea de la no certeza absoluta de la conclusión a la que se arriba es aceptada siempre; casi, inconscientemente. Así, por ejemplo, bajo ciertas condiciones climáticas se deduce que es altamente probable que llueva; pero nadie garantizaría con su cabeza que del cielo caerá agua. Sin embargo, cuando este razonamiento es usado en la estadística inferencial aplicada, no evidencia de la misma manera la incertidumbre inherente a la conclusión final; constituyéndose, generalmente, en un principio inmutable de verdad.

La cuestión se agrava con la tendencia natural a inducir, sesgadamente, la confirmación del planteo hipotético realizado. Así, las percepciones subjetivas se imponen como objetivas sustentadas en heurísticas cognitivas o afectivas, debido a que la resolución de situaciones probabilísticas implica el uso de modelos mentales en los que, por un principio de economía, tienden a figurar solamente lo que se considera verdadero, descartándose lo falso. Por esto, es imprescindible aprender a operar en un todo, para que las representaciones mentales conjeturadas no desvirtúen la interpretación de la realidad más factible: —*No describimos el mundo que vemos, vemos el mundo que podemos describir* (René Descartes; 1596–1650).

Comprender y utilizar la psicología y la filosofía inherente al pensamiento estocástico en la enseñanza de la Estadística Inferencial se torna indispensable. Puesto que esta disciplina se constituyó y fue un objeto de las ciencias a partir del momento en que a las prácticas observacionales, en principio no científicas, había que proporcionarles una materia homogénea que permitiera un tratamiento que llevara a acercarse a la verdad de lo que acontece (Canguilhem, 2009).

Al principio, ésta nueva ciencia, surge como una rama de la Matemática; pero su naturaleza es muy diferente de la cultura determinista tradicional de esta última; no pudiéndose, siempre, emplear los principios generales de enseñanza de la Matemática en la enseñanza de la Estadística. Tanto es así, que investigaciones en Psicología sobre el razonamiento y desarrollo de ideas estocásticas influyeron en la didáctica de esta última, sugiriéndose como teoría del aprendizaje la del constructivismo (Ottaviani, 2002).

El sustento de la Estadística Inferencial, en el acercamiento a la realidad, es la teoría de la probabilidad. Allí donde se perfora el suelo de la ciencia se acaba por encontrar las probabilidades (Servien, 1945:228). Al respecto, Le Lionnais (1976) señala que la probabilidad nace como la meditación sobre los fenómenos concretos, tanto los de la vida corriente como los de las ciencias, debiéndose asumir que la certeza en la verifica-

bilidad de los resultados es imposible y, por lo tanto, debemos conformarnos con cierta probabilidad de veracidad; cuyo cálculo se convirtió en el andamiaje de la inferencia; aunque en sus comienzos no fuera muy aceptado en el mundo no matemático. Así, por ejemplo, a Augusto Comte y Claude Bernard, en el siglo XIX, les costó admitir la validez del cálculo estadístico en Biología y la extensión de la Matemática probabilística tanto a esa ciencia como a las ciencias del hombre (Canguilhem, 2009).

Hoy en día, el Método Científico asume las conclusiones en términos de los resultados obtenidos con metodologías estadísticas, mayoritariamente inferenciales; de las cuales mucho le debemos a Sir Ronald Fisher; quien formuló la teoría de los Test de hipótesis basando su argumentación teórica en el grado de incertidumbre de los datos, la que luego fue perfeccionada por Neyman y Pearson constituyéndose en la base para la teoría de decisión creada por Wald cerca de 1950 (Batanero, 2001).

Esta nueva lente inferencial es la que, al menos por ahora, nos permite percibir la divina realidad a través de una realidad probable; a las que en términos cuasi analógicos aceptamos llamar: Población y Muestra; espacios disimiles pero supuestamente iguales. Es la Población el teatro principal donde se desarrollan las obras maestras que despiertan el interés científico de los mortales. Escenario al que, casi nunca, el Creador nos permite acceder, conformándonos con muestras representadas en quermeses que, a grandes rasgos, atienden a la versión original dejándonos la ilusión de saber el argumento.

Comprender el significado individual de estos dos conceptos: Muestra y Población, sus diferencias, sus semejanzas y sus relaciones, constituyen, a mi entender, la plataforma para el aprendizaje significativo de lo inherente a la estadística inferencial (Walz y Carrera, 2012). La falta de claridad respecto a la naturaleza del conjunto de datos del que se dispone es bastante común. Una tendencia que he observado en los usuarios de la estadística en las ciencias salud es querer describir el comportamiento de los datos con el promedio muestral acompañado de un intervalo de confianza cuya funcionalidad inferencial no queda clara; queriendo dar cuenta, más bien, de la variabilidad del conjunto de valores observados. Suma a esta confusión un texto que, haciendo alusión a los datos muestrales, referencia los resultados obtenidos en la población estudiada. Detalles que, también, fueron reconocidos por Dawson y Trapp (2005) en las investigaciones médicas.

Si recapitamos sobre estos conceptos, la Muestra es la única evidencia de la que se dispone para obtener “alguna” información de lo que podría estar ocurriendo en la población. Es decir, se admite que lo que de ella se obtenga es inferible a la población que representa. Esta concepción implica comprender representatividad en conjunción con variabilidad (Batanero, 2000). Por otra parte, se requiere cierta disposición mental para aceptar que existen alternativas para el origen de la muestra; en cuanto a que hay cierta probabilidad de que represente a una u otra población a pesar de lo supuesto.

Una muestra es el resultado del azar, por lo que todas las medidas que de ella se obtengan dependen de lo que este fenómeno disponga. En tal sentido, en diferentes muestras de iguales tamaños seleccionadas de una misma población, la misma medida resumen escogida puede diferir de una a otra muestra; situación que también ocurre,

si el tamaño muestral fuera en aumento. La incomprensión de esta variabilidad hace dudar del carácter de representatividad que tienen los estimadores respecto del valor fijo del parámetro; causando un dominó de interpretaciones erróneas en los conceptos inferenciales contiguos como son: estimación puntual y por intervalos de confianza de los parámetros poblacionales y de los test estadísticos.

Particularmente, en estos últimos se dificulta la comprensión de la probabilidad inmiscuida en varios aspectos como la Significancia y el Valor p . También, se tornan controversiales los planteos de las hipótesis estadísticas —en el que el valor estipulado para la hipótesis nula pareciera ser una ingeniosidad azarosa—. Respecto de esto último, cuando el valor que se propone para el parámetro en la hipótesis nula es en función de lo que acontece como norma en otra población, el obstáculo epistemológico que interfiere es no comprender que ese valor considerado como parámetro es, en realidad, una estimación calculada de una muestra muy grande por lo que, en teoría, se sabe que converge al valor del parámetro casi sin error. No visualizar esto, deviene en malinterpretar que el valor verdadero del parámetro en la otra población es conocido, siendo que las características de ambas poblaciones son las mismas, por lo que debería suponerse que ese parámetro es tan desconocido como el que se quiere testear.

En síntesis, los conceptos estadísticos que intervienen en extrapolaciones de muestra a población requieren hacer uso de la psicología de pensamiento inferencial; que es la vedette en su aprendizaje significativo y su partenaire es la probabilidad. En la jerga de Morín diríamos que, así como en el caos del universo el hombre debe negociar constantemente con la incertidumbre, en el caos de la inferencia debemos negociar constantemente con el pensamiento probabilístico y para poder hacerlo, debemos reconocer tanto a la probabilidad como a la tipología de su pensar. Al respecto Batanero y Godino (2002) proponen que el primer paso para comenzar a enseñar Probabilidad es hacer reconocer las diferencias entre situaciones aleatorias y deterministas. Siguiendo esta línea, creo que, el primer paso para enseñar lo propio de la Estadística Inferencial es hacer reconocer las diferencias entre Población y Muestra.

Reforzar la enseñanza de estos conceptos mejoran el aprendizaje significativo de las pruebas de hipótesis; considerando que su incomprensión podrían ser posibles obstáculos epistemológicos. Comprender las diferencias entre Parámetros y Estimadores, la variabilidad de los estadístico, la probabilidades de ocurrencia de sus valores y la convergencia del estimador al parámetro conforme el tamaño muestral tiende al poblacional es de suma importancia a la hora de inferir (Walz, 2011).

En la enseñanza de los Test de Hipótesis las actividades conectadas a problemas reales tienen un rol relevante, en tanto y en cuanto, éstas logren la participación activa del aprendiz (Hiebert y Lefevre, 1987; mencionado por Batanero, 2000). Sin embargo, creo, que la integración de los conceptos estadísticos con la aplicación práctica de interés no alcanza para derribar barreras que llevan a la incomprensión manifiesta del significado de las pruebas estadísticas. Reforzar el empleo del pensamiento estocástico es una tarea ineludible en la didáctica de la Estadística aplicada.

Experiencia piloto de reconocimiento de las interpretaciones de los conceptos vinculados a la estadística inferencial

En una prueba piloto interrogué a siete profesionales de la salud, todos con experiencias en desarrollo de investigaciones aplicadas y con conocimientos de estadística. Solamente, uno de ellos caracterizó, aceptablemente, el Valor p obtenido en una prueba que había realizado en una de sus investigaciones. El resto expresó que este valor era la referencia para tomar una decisión respecto de las hipótesis estadísticas planteadas. Relativizándolo, en general, a ser mayor o menor a 0,05.

Para indagar acerca de la interpretación del planteo de las hipótesis estadísticas, a cada voluntario los consulté sobre lo planteado por ellos mismos en uno de sus artículos resultantes de investigaciones. Al preguntarles cuál era el planteo de las hipótesis que efectuaba cada test y qué era lo que científicamente deseaban conocer, todos respondieron que planteaban en la hipótesis nula la igualdad de las medias y que en la alternativa lo contrario. Cuando pedí aclaración sobre: a qué medias se referían en la comparación, la respuesta mayoritaria aludió a los valores de medias muestrales hallados, sin siquiera reconocer la existencia de los parámetros a cotejar.

Ahora, ¿por qué dije que no alcanzaba con conectar la enseñanza de los test de hipótesis a problemas reales de interés para el alumno? La respuesta queda implícita en el hecho que todos los participantes de esta prueba piloto debieron realizar, para promocionar el curso de Estadística al que asistieron, un trabajo en el que, utilizando datos propios, aplicaran e interpretaran los conceptos estadísticos aprendidos.

Metodología de trabajo

A raíz de los resultados expuestos observados en la prueba piloto, dispuesta a reflexionar sobre la calidad de mi propia práctica docente y teniendo como objetivo contribuir al aprendizaje significativo de la Estadística Inferencial, me propuse abordar su enseñanza priorizando la psicología del pensamiento estocástico.

La experiencia fue realizada en un curso de posgrado (Res. CS/UADER 896–11) y se basó en intervenciones dialécticas que requerían el uso del razonamiento probabilístico, situaciones didácticas aplicadas al perfil profesional y simulaciones destinadas a reforzar la incompreensión de objetos estadísticos previos; basada en el supuesto de que un posible obstáculo epistemológico que entorpece el aprendizaje significativo de los conceptos inherentes a la estadística inferencial es la incompreensión de Población/Muestra y Parámetros/Estimadores (Walz, 2011).

Al abordar el tema Estimación del programa estipulado para el curso, dediqué especial atención a los conceptos Muestra y Población con la simulación de una situación simple, en la que pudiéramos observar la variabilidad del estimador y los valores más probables del parámetro en función de la variabilidad observada en el estimador. Lo que permitió deducir el significado de Estimación por Intervalos.

Tanto en la primera parte como en esta última, no surgieron razonamientos conflictivos ni divergentes. No se dio así con los Test de Hipótesis. A raíz del tipo de consultadas que

formulaban, percibí su sensación de estar atrapados en una selva de símbolos griegos y supuestos oscuros, semejante (supongo) a la que describió sentir Borges (escritor argentino; 1899–1986) al estudiar la gramática alemana; con la diferencia que las matas que a él lo enredaban eran las declinaciones.

La apertura al tema implicó el planteo de una situación didáctica, intenté que fuera de las que Brousseau (1980) clasifica como de acción; adaptada y orientada según conveniencias pedagógicas pero sin descontextualizarla del estado del arte del problema aplicado ni de la factibilidad de su investigación real. Puesto que considero que vincular el significado lógico disciplinario a la dimensión epistemológica de los test de hipótesis actúa en beneficio de la racionalidad de estos últimos. ¿Aprenderíamos, sino, el significado y utilidad de una tijera si se nos los enseña cortando agua? De esta manera, creo haber atendido a uno de los consejos del irrefutable Bruner, sobre lo que debe contener una propuesta de enseñanza: experiencias que promuevan el interés del individuo y la predisposición a aprender, que no se alcanzan con ejemplos vagos. Al respecto, concuerdo con Ottaviani (2002) en que los problemas que se presentan en los libros de textos de Estadística, generalmente, son pensados para la aplicación de lo que se ha dado teóricamente y que los enunciados giran en torno de situaciones aplicadas, relativamente inconexas con la realidad, que a su entender contradicen lo que Sadovsky (1998) sostiene en sus escritos respecto a que no solo hay que transferir conceptos sino, también, fomentar encontrarle el sentido. Escenario que no se da si no se comprende el contexto real.

El ejemplo disparador de la situación didáctica que elegí presentar en el curso fue elaborado con asiento en el artículo de Mazza y colaboradores (2011), en el que los autores detallaban haber encontrado evidencias de que las niñas con sobrepeso/obesidad tenían su menarca a edad más temprana que las con estado nutricional adecuado.

Mi intervención en la introducción versó, primero, en la contextualización del tema que, dada mi formación de grado en el área de salud, conozco los conceptos y terminología específica. Hice referencia a lo detallado en la bibliografía respecto a la edad media de menarca tomada como *norma* actual —lo que me permitió explayarme en cómo se acepta este valor como valor del parámetro de una población— proseguí con preguntas inductivas que implicaran razonar infiriendo potenciales resultados. Por ejemplo: *Si sospechamos que la obesidad influye en la edad de la menarca haciendo que se produzca antes de los doce años que es la edad que, en promedio se ha visto que ocurre: ¿Cómo haríamos para estudiar esta cuestión? ¿Qué muestra elegiríamos? ¿A qué población pertenece? ¿Cuál es el parámetro de interés en esa población? ¿Qué valor suponemos no tiene ese parámetro? ¿Podríamos conocer, a ciencia cierta, su valor? Si tomamos una muestra aleatoria representativa de la población, qué medida nos serviría para estimar el parámetro de interés. Si fuera 12 el valor del parámetro, sería factible que el estimador muestral tuviera un valor distinto (menor o mayor) a 12. ¿Con qué frecuencia nos ocurriría esto? ¿Podría ocurrirnos que en la muestra de niñas con sobrepeso/obesidad la edad media de menarca observada sea de 11, si el*

parámetro fuera 12? ¿Qué probabilidad hay de que esto ocurra? Si esa probabilidad es muy baja, por ejemplo 0,03 qué sería más lógico pensar: que de mala suerte nos tocó una muestra que casi nunca ocurre si el parámetro es 12 o decidimos que lo más probable sea que esa muestra nos tocó dándonos indicios de que es poco probable que la población en estudio tenga el parámetro igual a 12.

En esta última cuestión, surgieron opiniones controversiales que notoriamente obstaculizaban el razonamiento probabilístico. En este sentido, hay que intentar erradicar la tendencia a creer que la decisión que se toma de “*aceptar o rechazar*” una hipótesis se hace en función de una probabilidad simple y apuntalar la idea de que se fundamenta en un valor de probabilidad condicionada que, de acuerdo sea alto o muy bajo, nos da indicios lógicos para inclinarnos hacia una u otra alternativa, considerando como idea primordial el hecho de que el estimador observado, aunque no es el valor del parámetro, es su versión gemela y no un ejemplar que rara vez aparece si el parámetro tuviera un determinado valor supuesto. Luego, en todas las pruebas de hipótesis abordadas que subsiguieron emplee la misma lógica de razonamiento inferencial, dejando para lo último el algoritmo de los test.

Para promocionar este curso los alumnos debieron realizar un Informe de un trabajo de investigación. En el mismo se les solicitaba realizar el análisis estadístico adecuado a lo observado en un estudio médico real. Para cumplir dos de los objetivos se requería testear un parámetro frente a un valor *norma* y otro implicaba un contraste de igualdad de dos medias independientes. Tras haber visado los trabajos, los alumnos fueron entrevistados personalmente, para defender lo realizado. A cada alumno los interrogué guiándome por un cuestionario que permitiera evaluar la comprensión significativa de los conceptos: Parámetros y estimadores, Muestra y Población y Valor p. Para minimizar mis subjetividades, diseñe una planilla con las preguntas, marqué cada una de las respuestas como correcta o errónea, si la contestación inmediata era, claramente, así. Si se explayaban en la explicación y detectaba cierto grado de duda o incompreensión, marcaba en *Observaciones* lo expresado textualmente por el alumno. Observaciones que analicé, a posteriori, con un colega, para su categorización final en: Regular o Mal.

Las preguntas fueron:

1. Haciendo referencia al ejercicio de comparación de dos medias:

a) *¿Qué plantea en la hipótesis nula de la prueba? —esperando la respuesta: igualdad de medias, indagué acerca de los parámetros involucrados en el planteo, cuál era, verdaderamente, el parámetro a testear y cual su estimador: El test exige, por definición, que en la hipótesis nula se iguale a algún valor el parámetro a testear, cuál es ese parámetro y cuál es el valor supuesto al que habría que igualarlo. ¿Con que medida estimaría al parámetro? ¿Qué valor le dio esa estimación?*

b) *¿En que se basa para rechazar la hipótesis nula? —esperando que la argumentación recayera solamente en el Valor p obtenido, completé con otras preguntas: ¿Cómo interpreta ese Valor p en términos de evidencias probables?*

2. Haciendo referencia al ejercicio de testeo de una media frente a un valor norma las preguntas fueron:

a) ¿A qué población pertenece el parámetro que se está queriendo testear? El valor al que igualó el parámetro *en la prueba, a quién representa.*

b) *¿Cómo argumenta su conclusión en términos de probabilidad de la evidencia muestral?*

c) *¿Es absolutamente correcta la decisión tomada de aceptar la hipótesis nula?*

Resultados y discusión

El 90 % del alumnado respondió a la pregunta 1.a) diciendo que planteaban que las dos medias eran iguales. Tres acertaron decir, enseguida, que planteaban la diferencia de medias poblacionales igual a cero. A quienes contestaron de la primera forma, consideré correcta su respuesta, porque responden en términos de los objetivos científicos del problema y, si consideramos a los test de hipótesis como herramienta resolutoria, la intención implícita es esa y a partir de ella, se deriva a lo planteado formalmente en la hipótesis nula: la diferencia de medias igual a cero, ajustándose a las definiciones metodológicas. Las subsiguientes preguntas relativas al mismo ítem revelaron que el 82 % comprendía que el parámetro a testear era la verdadera diferencia poblacional de medias frente al valor cero, lo que implicaría su igualdad. De estos, tres dudaron respecto de cuál era el estimador y su valor observado, considerando sus respuestas en la categoría Regular. El resto de los alumnos respondió Mal, al no reconocer testear un parámetro poblacional, confundiendo con la comparación de medias muestrales.

En la pregunta 1.b) la respuesta unánime fue que rechazaban en función del Valor p obtenido (0,001). Como esta argumentación es en esencia el algoritmo implicado en estas pruebas es que proseguí con las preguntas de interpretación del concepto. El 78 % respondió en términos del tamaño de la evidencia condicionada al valor del parámetro propuesto. Al respecto, en más o menos palabras, intentaron explicar que: si las medias poblacionales fueran iguales, el valor de diferencias de medias muestrales observado les ocurriría 1 de cada mil veces por lo que se inclinaban a pensar que no eran iguales. Los casos de respuesta Regular (13 %) se debieron a errores relacionados con la forma de expresarse respecto a la probabilidad de ocurrencia de las medias muestrales y que luego corregían aclarando sobre la probabilidad de ocurrencia de los estimadores observados en cada muestra y no del estimador de la diferencia. El resto contestó definitivamente Mal, por no considerar la condicionalidad en la probabilidad de ocurrencia del estimador bajo hipótesis nula.

A la pregunta 2.a) el 96 % la respondió correctamente, sin dudas. Las respuestas a la pregunta 2.b) resultaron en un 81 % Bien, un 15 % Regular debido, en principio, a una incorrecta forma de expresión pero que dejaba en duda respecto a la claridad del significado del concepto. El resto respondió Mal, siendo nuevamente el causal para esta última clasificación, la no identificación de la condicionalidad del testeo bajo el valor planteado en la hipótesis nula. Cabe aclarar, que las respuestas Regulares y Malas a

todas las preguntas se dieron en los mismos sujetos. La dificultad para comprender las probabilidades condicionales que tienen lugar en las pruebas estadísticas ha sido, desde hace tiempo, muy comentada por diferentes autores (Batanero et al., 1994; Jiménez Vallecillos y Batanero, 1997), incluso Diaconis y Freedman le han dado nombre a un error detectado frecuentemente, en el que se invierte la condicionalidad: *Falacia de la condicional traspuesta* (mencionado en Jiménez Vallecillos, 1997).

El 100 % contestó correctamente la 2.c): asumiendo cometer cierto error en la decisión. Sin embargo, no creo que se comprenda lo relativo al tamaño del error. Lamentablemente, observé las falencias informativas de esta pregunta en el momento que se la formulé al primer entrevistado. Inmediatamente, le pedí que me aclarara el porqué del error, pero no sistematicé el interrogatorio al resto del alumnado, por lo que no pude hacer un análisis sobre si se interpreta Bien, Regular o Mal tal concepto.

Conclusión

Con los resultados obtenidos en esta experiencia, no pretendo hacer ningún tipo de inferencia acerca de las potencialidades de las estrategias empleadas para la superación de posibles obstáculos epistemológicos ni para el aprendizaje significativo de las técnicas estadísticas inferenciales; puesto que una investigación formal que permita evaluar si tales tácticas didácticas son efectivas para lo planteado, implicaría un diseño experimental diferente, usando instrumentos de medición validados y confiables como, por ejemplo, el que recientemente propone Lane–Getaz (2013). El no control en mi ensayo limita las conclusiones. Sin embargo, los resultados observados me llevan a pensar que la conceptualización correcta de los términos Población y Muestra, Parámetro y Estimadores, el planteo de verdaderas situaciones didácticas y el uso permanente de una dialéctica que emplee derivar en un razonamiento inferencial muestra una *“tendencia de mejora”* en relación a lo observado en la prueba piloto respecto a la comprensión de la lógica liada a la toma de decisión en los test de hipótesis (aunque soy consciente de que no son experiencias comparables). Bajo mis aspiraciones, podría decir que haber logrado que la mayoría de los alumnos interprete que el Valor p calculado bajo condiciones específicas de supuestos, sugiere que los datos de la muestra se inclinan a apoyar una u otra hipótesis, da cuenta de la aceptación implícita de la incertidumbre. Cumpliéndose, al menos para mí, el objetivo que persigo.

Referencias bibliográficas

- Brousseau, G. (1980).** L'échec et le contrat, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 41:177–182.
- Bruner, J.S. (1969).** *Hacia una teoría de la instrucción*. Méjico: UTHEA.
- Canguilhem, G. (2009).** *Estudios de historia y de filosofía de las ciencias*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Dawson, B. y Trapp, R.G. (2005).** *Bioestadística Médica*. Méjico: Manual Moderno.
- Le Lionnais, F. (1976).** *Las grandes corrientes del pensamiento matemático*. Buenos Aires: EUDEBA.
- Ottaviani, M.G. (2002).** From the past to the future. *Proceedings of the Sixth International Conference on Teaching of Statistics*. Cape Town, South Africa [CD-ROM]. Voorburg, The Netherlands: International Statistical Institute.
- Sadovsky, P. (1998).** *Pensar la Matemática en la Escuela*. Buenos Aires: Aiqué.
- Servien, P. (1975).** *Azar y Matemáticas. Las grandes corrientes del pensamiento matemático*. Buenos Aires: EUDEBA SEM.
- Batanero, C. (2001).** *Didáctica de la Estadística*. Granada: Grupo de Investigación en Educación Estadística. Departamento de Didáctica de Estadística. <http://www.ugr.es/~batanero/libros%20y%20tesis%20doctorales.htm>. (Consulta: 25/03/2014).
- Batanero, C.; Godino, J.D. (2002).** Estocástica y su didáctica para maestros. *Matemáticas y su didáctica para maestros*. http://www.ugr.es/~jgodino/edumat-maestros/manual/6_Estocastica.pdf (Consulta: 23/04/2014).
- Jiménez Vallecillos, A.; Batanero, C. (1997).** Aprendizaje y enseñanza del contraste de hipótesis: concepciones y errores. *Investigación didáctica. Enseñanza de las ciencias*, 15 (2), 189–197. <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v15n2p189.pdf> (Consulta: 02/05/2014).
- Lane Getaz, S. (2013).** Development of a reliable measure of students' inferential reasoning ability. *Statistics Education Research Journal*, 12(1): 20–47. http://iase-web.org/documents/SERJ/SERJ12%281%29_LaneGetaz.pdf (Consulta: 23/03/2014).
- Mazza, C. y col. (2011).** Estudio clínico del síndrome metabólico en niños y adolescentes de argentina. *Revista Argentina de Salud Pública*, 2(6):25–33. <http://www.saludinvestiga.org.ar/rasp/articulos/volumen6/estudio-clinico.pdf> (Consulta: 12/12/2011).
- Walz, M.F. (2011).** *Hacia el aprendizaje significativo de los test de hipótesis en las Ciencias experimentales*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional del Litoral. <http://www.bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8180/tesis/bitstream/1/279/1/tesis.pdf> (Consulta: 20/05/2014).
- Walz, M.F.; Carrera, E.T.** Obstáculos epistemológicos en el aprendizaje significativo de los test estadísticos en las ciencias experimentales. *Revista Bilateral Brasil Argentina*, 1(1):121–133, 2012. <http://periodicos.uesb.br/index.php/rbba> (Consulta: 23/03/2014).

Fuentes electrónicas

- Batanero, C.; Godino, J.D.; Vallecillos, A.; Green, D.R.; Holmes, P. (1994).** Errores y dificultades en la comprensión de los conceptos estadísticos básicos. *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*. <http://www.ugr.es/~batanero/ARTICULOS/erroresestadis.doc> (Consulta: 23/03/2014).
- Batanero, C. (2000).** Controversias sobre el papel de los contrastes estadísticos de hipótesis en la investigación experimental. Traducción del artículo: Controversies around the role of statistical test in experimental research. *Mathematical thinking and learning*, 2(1–2):75–98. http://ima.udg.edu/~cls/documents/controversias_contrastes.htm (Consulta: 23/03/2014).