

ARGUMENTACIONES NO CONVENCIONALES EN LAS PRUEBAS DE HIPÓTESIS

Hugo Granchetti, Christiane Ponteville y Myriam Nuñez

Facultad de Farmacia y Bioquímica
Universidad de Buenos Aires, Argentina

hgranchetti@gmail.com; chponteville@gmail.com; myr1710@yahoo.com

RESUMEN	ABSTRACT
<p>Las Ciencias de la Salud aplican la Estadística como herramienta para la validación de los resultados basados en la evidencia. Varios estudios han identificado dificultades en el aprendizaje de conceptos básicos como el p-valor en las pruebas de hipótesis. En este artículo proponemos un análisis socio-epistemológico de la argumentación no convencional en una muestra de exámenes finales escritos de un curso de Bioestadística. Encontramos evidencia de argumentación abductiva, inductiva y de conocimiento cero, que suponemos parcialmente responsable de las dificultades detectadas en los estudiantes, ya que no se reconocen como formas válidas de argumentación en culturas con influencia Aristotélica.</p>	<p>Health Sciences apply Statistics as a tool for validation of evidence-based results. Several studies have identified learning difficulties in core concepts such as p-values in hypothesis testing. In this article we propose a socio-epistemological analysis of non-conventional argumentation that was searched for in a sample of final written exams from a Biostatistics course. We found evidence of abductive, inductive and zero-knowledge argumentation, which we hypothesize as partly responsible for students' learning difficulties, as those are not explicitly recognized as valid forms of argumentation in Aristotelian-influenced cultures.</p>
PALABRAS CLAVE:	KEYWORDS:
estadística, argumentación, enseñanza.	statistics, argumentation, teaching.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. La Estadística en el siglo XXI

La Estadística se ha convertido en la actualidad en una herramienta central en la toma de decisiones relacionadas con los más diversos ámbitos del conocimiento humano. El análisis de la variabilidad, la identificación de relaciones entre variables, el diseño en estudios y experimentaciones constituyen algunos de los muchos contenidos a los cuales la Estadística da respuesta. Con su origen en la administración pública, se ha utilizado y se utiliza en una amplísima variedad de áreas como la salud a través de la epidemiología, la bioestadística, entre otras; en análisis económicos y sociales, como la tasa de desempleo y la econometría (Utts 2014). Además, su desarrollo permanente en la actualidad no puede ser analizado dejando de lado la tecnología, a las diversas áreas científicas y a los medios de comunicación como motores impulsores. Esto enmarca a dicha disciplina como una ciencia de gran importancia para nuestra sociedad contemporánea, e incluso se han acuñado términos como la “cultura estadística” y “alfabetización estadística” (Gal 2002). En la actualidad,

tanto los individuos como las diferentes organizaciones de la sociedad la utilizan para pensar sobre datos y tomar decisiones, encontrándose en pleno desarrollo y siguiendo la línea de dos vertientes: su utilidad para el resto de las ciencias y su propio progreso y crecimiento teórico, jugando la informática un papel preponderante (Ponteville 2012).

Con estas características, la Estadística ingresa en la educación en el nivel superior constituyendo una asignatura obligatoria en gran cantidad de carreras. Ya ha quedado evidenciado que la enseñanza de una asignatura genérica no satisface lo que necesitan las diferentes áreas de estudio. A través de diversas investigaciones, la comunidad educativa evidencia que es necesario centrar la mirada no sólo en cómo se enseñan los contenidos relacionados con las probabilidades y la estadística, sino también en qué se enseña (Pfannkuch y Wild 2000, Ponteville y Crespo Crespo 2016). Buscamos entonces comprender el proceso de enseñanza-aprendizaje de la estadística en el nivel superior.

Existe un permanente debate entre los docentes respecto del grado de apropiación de los contenidos por parte de los alumnos. Esta inquietud genuina a lo largo de los años y de todos los niveles de instrucción ha provocado que una comunidad cada vez más grande de investigadores trate de encontrar respuesta a la diferencia que existe entre lo que es enseñado y lo que es aprendido, existiendo un aumento notable de publicaciones, propuestas para diseños curriculares e investigación relacionados con este tema (Marriott, , Davies y Gibson, 2000). Dentro de este marco nos proponemos analizar la enseñanza de las pruebas de hipótesis por considerarlas un contenido central en el desarrollo de la estadística inferencial clásica.

1.2. La enseñanza de las pruebas de hipótesis

Se presentan diversas explicaciones para comprender los obstáculos que los estudiantes encuentran para adquirir este concepto, pues existen evidencias claras de dificultades en las aulas (Vallecillos y Batanero 1997). Dentro de este marco se ha trabajado, entre otras ideas, con la enseñanza de las pruebas de hipótesis en el aula identificando formas de argumentación relacionadas con las concepciones de las pruebas de hipótesis en el discurso matemático escolar (Ponteville y Núñez 2010).

Las argumentaciones lógicas y las demostraciones han desempeñado un papel importante tanto en el desarrollo de la matemática como en su fundamentación y enseñanza. El conocimiento matemático se sustenta básicamente en dos modos de comprensión y expresión: uno se realiza de forma directa, y corresponde a la intuición y el otro se lleva a cabo de forma reflexiva, es decir lógica. Sin embargo, a lo largo de la historia de la ciencia, las concepciones relacionadas con las demostraciones no se han mantenido estáticas, sino que han cambiado notablemente reflejando características de los escenarios socioculturales en los que se desarrollaron. La enseñanza de las pruebas de hipótesis es un buen

ejemplo para este hecho. Si recorremos libros de texto, apuntes, cursos, entre otros, en los cuales se enseñen diferentes pruebas de hipótesis veremos que el tipo de argumentaciones varían desde un punto de vista epistemológico. Dentro de este marco, se propone comenzar una reflexión socioepistemológica del papel que cumplen las argumentaciones como generadoras de conocimiento estadístico. Esta visión se sustenta en la idea de que los criterios de validación del conocimiento científico son dinámicos, y conforman una construcción sociocultural que evoluciona y cambia no sólo con el tiempo sino de un grupo a otro. Aparece aquí la idea importante en relación con la validación del conocimiento, que es la existencia de consensos de la comunidad científica para reconocer normativas propias relacionadas con la práctica de referencia de validación (Crespo Crespo 2007a).

En este sentido, la corriente socioepistemológica considera que la matemática no es una ciencia que surge aislada de la sociedad, sino inmersa en ella y por lo tanto recibe influencias fuertemente basadas en el pensamiento, las necesidades y características del escenario en que se desarrolla (Cantoral, Reyes y Montiel, 2014). En el aula de matemática de los diferentes niveles, las argumentaciones desempeñan distintas funciones en las que se ponen en juego habilidades propias del pensamiento racional. Estas habilidades se van construyendo a través de los diversos niveles de la enseñanza y a lo largo de un extenso proceso. En este proceso, como en todo aprendizaje, el alumno recibe influencias de factores diversos que varían según el escenario en el que se encuentre. Teniendo en cuenta el marco de las argumentaciones como productos sociales, se busca el papel que cumplen diversas argumentaciones en el aprendizaje de la estadística. La pregunta que nos hacemos es: ¿qué tipo de argumentaciones utilizan los alumnos cuando trabajan con pruebas de hipótesis?

1.3. Argumentación convencional y no convencional

La cultura occidental está notablemente influenciada por la lógica Aristotélica y, por lo tanto, se resiste a aceptar la argumentación no convencional, en contraste con otras sociedades como por ejemplo la india y la china (Crespo Crespo, Farfán y Lezama, 2009, 2010, 2011). Esto se hace evidente en el sistema de educación formal donde se señalan errores cuando los estudiantes no siguen el razonamiento deductivo clásico. Diversas investigaciones han encontrado que la argumentación no convencional puede identificarse con frecuencia en las actividades en el aula e incluso se defiende explícitamente cuando se indaga al respecto durante entrevistas planificadas. Los siguientes son los cinco tipos de argumentación no convencional descritos por Cecilia Crespo Crespo y sus colegas, que forman la base del análisis en nuestro estudio (Crespo Crespo 2007a).

- **Argumentación abductiva.** Este tipo de argumentación se hace evidente cuando el estudiante deriva conclusiones de las consecuencias y no de las premisas (p entonces q; de q se deduce p).

- **Argumentación inductiva.** En este caso, el estudiante presenta un ejemplo, o una serie de ejemplos, para validar alguna forma de razonamiento generalizado. La evidencia empírica del ejemplo dado parece suficiente para arribar a una conclusión general.
- **Argumentación no monotónica.** En contraste con la construcción monotónica, que es común en Matemática y consiste en consecuencias estables aun después de agregar premisas, se expresa una argumentación no monotónica cuando el estudiante cambia de una conclusión dada a otra, después de que se agrega una nueva premisa.
- **Argumentación visual.** Bajo este tipo de argumentación, los gráficos, diagramas de flujo y otras representaciones se utilizan para apoyar una conclusión. Tradicionalmente, las herramientas visuales se consideran insuficientes y blandas como argumento, aunque muchas personas las utilizan para defender su razonamiento en diversas situaciones.
- **Argumentación a conocimiento cero.** Como una forma de argumentación necesariamente prevalente en el aula, el “conocimiento cero” tiene lugar inicialmente desde la perspectiva del profesor, dado que ninguna disciplina se reconstruye desde sus orígenes hasta su estado actual. Algunos desarrollos son tratados como dados y raramente explicados en su totalidad. Naturalmente, esto se refleja más tarde en el aprendizaje del estudiante y, por lo tanto, se apoyan algunas conclusiones, o se dan por sentadas, con una argumentación a conocimiento cero.

2. METODOLOGÍA

Realizamos un análisis descriptivo, retrospectivo, cuali-cuantitativo de los tipos de argumentaciones no convencionales utilizadas espontáneamente por los estudiantes de un curso de Bioestadística en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires. Para este propósito, se tomó una muestra aleatoria ($n = 52$) de los exámenes finales escritos entre los años 2015 y 2017. Nos enfocamos exclusivamente en los ejercicios relacionados con la prueba de hipótesis, que tenían como objetivo evaluar el procedimiento, la interpretación estadística y práctica de los resultados, la descripción de los modelos y sus suposiciones. Los modelos incluidos fueron: prueba t independiente, prueba t pareada, análisis de la varianza de una vía y regresión lineal simple. Elegimos pruebas de hipótesis porque nos interesaba analizar la complejidad de su construcción conceptual.

Para el análisis cualitativo, describimos y documentamos ejemplos concretos de cada tipo de argumentación no convencional que se detalla en la sección anterior, tal como se identificaron en la muestra. Para el análisis cuantitativo, calculamos las frecuencias relativas de cada tipo de argumentación, considerando que más de un tipo podría aparecer en un mismo examen.

3. RESULTADOS

La Tabla 1 muestra la prevalencia de los tipos de argumentación no convencional encontrados en la muestra estudiada, así como ejemplos concretos de cada uno.

Tabla 1. Prevalencia de argumentaciones no convencionales y ejemplos.

Tipo de argumentación no convencional	Proporción de exámenes exámenes (porcentaje) en que se identificó	Ejemplos
Abductiva	45%	<p>“No rechazo la hipótesis nula, por ende las medias son iguales.”</p> <p>“No rechazo la hipótesis nula, por lo tanto el error de tipo II es igual a 0.” “La hipótesis nula es válida porque el estadístico sigue la distribución esperada.”</p>
Inductiva	30%	<p>“El no cumplimiento de supuestos se soluciona con logaritmos.” “Dado que las medias de los grupos 3 y 4 difieren, el resto también difiere.” En ANOVA: “Hipótesis alternativa: todas las medias son distintas.</p>
No monotónica	0%	-
Visual	5%	Gráfico de la distribución del estadístico bajo la hipótesis nula y visualización del p-valor como “un área pequeña bajo a curva”.
A conocimiento cero	45%	<p>Hipótesis presentada como parte de los supuestos del modelo estadístico.</p> <p>Conclusión de la prueba en términos de los estimadores en lugar de los parámetros.</p> <p>Interpretación invertida de las hipótesis (confunde la hipótesis nula con la alternativa).</p>

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Nuestros resultados muestran que la argumentación no convencional es notablemente prevalente en un tema central de un curso de Estadística como es la prueba de hipótesis, y puede identificarse en exámenes escritos cuando los estudiantes apoyan e interpretan sus resultados. Esto significa que otras áreas dentro de la educación matemática son propensas a ser influenciadas por la lógica no Aristotélica incluso en los países occidentales, lo que se suma al cuerpo de investigación que ha mostrado estos hallazgos en áreas como la geometría y la lógica (Crespo Crespo 2007b).

Consideramos que la Estadística, y en particular las pruebas de hipótesis, era un área de interés para buscar e identificar argumentaciones no convencionales, ya que los procedimientos estadísticos se adoptan cada vez más en la actualidad para apoyar las decisiones profesionales basadas en la evidencia, optimizar procesos industriales, realizar investigación cuantitativa, implementar políticas, sustentar informes en los medios de comunicación y varias otras prácticas sociales. En este escenario, parecía plausible que la lógica Aristotélica que subyace a los procedimientos estadísticos que se enseñan en el aula no se hallara en forma natural en el aprendizaje del alumnado, y en cambio surgiera un razonamiento no convencional, que generalmente se adquiere fuera del contexto educativo. Es importante tener en cuenta que la argumentación no convencional no debe considerarse necesariamente como errónea (excepto quizá por las consecuencias de aquella dada a conocimiento cero), sino más bien como una prueba de que la lógica clásica aceptada como correcta y natural es en realidad el resultado de prácticas socioculturales profundamente arraigadas en la civilización.

Como sugieren nuestros resultados, la argumentación abductiva, inductiva y a conocimiento cero parecen ser las más comunes entre los estudiantes. Nuestra hipótesis es que los razonamientos abductivos e inductivos son provocados por las dificultades que surgen cuando los estudiantes abordan conceptos como rechazar o no rechazar la hipótesis nula, el significado de un p-valor, las suposiciones de un modelo y las implicaciones estadísticas relacionadas. Los fundamentos matemáticos subyacentes de tales conceptos, que están profundamente arraigados en la lógica aristotélica clásica, a menudo resultan anti-intuitivos para los alumnos y, por lo tanto, son desafiados por otras formas de argumentación que surgen en prácticas sociales por fuera del aula, lo cual es particularmente notable en disciplinas ubicuas como la estadística. En cuanto a la argumentación a conocimiento cero, que es observable en la enseñanza más que en el aprendizaje, como era esperable, sólo sus consecuencias pudieron identificarse desde la perspectiva de los estudiantes. Cuando se enseña un tema complejo como la prueba de hipótesis en el aula, se tratan varios conceptos sin una reconstrucción completa de su estructura lógica, sino una forma adaptada y más manejable según la audiencia y las restricciones de tiempo del proceso educativo. El reflejo de esta transposición didáctica puede identificarse como consecuencia de un enfoque a menudo inevitable.

Por otro lado, las argumentaciones no monotónicas y visuales estuvieron prácticamente ausentes. En el primer caso, se debe tener en cuenta que todos los ejercicios evaluados a través de los exámenes escritos tenían una única instancia; es decir, no contenían repreguntas en nuevos escenarios. Como resultado, no se agregaban premisas que pudieran haber provocado un razonamiento no monotónico. Con respecto a la argumentación visual, su baja prevalencia puede indicar que los estudiantes subestiman su fuerza para sustentar un razonamiento; o que elijan un enfoque analítico y más formulado como reflejo de las estrategias argumentativas de sus profesores.

En conclusión, nuestro análisis descriptivo sugiere que las argumentaciones no convencionales están presentes cuando los alumnos estudian las pruebas de hipótesis en un curso de Bioestadística, y proporciona un nuevo terreno para explorar la interacción entre la argumentación convencional y la no convencional, así como su consecuencia en las prácticas sociales asociadas con la enseñanza y la aplicación de esta disciplina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cantoral, R., Reyes-Gasperini, D. y Montiel, G. (2014). Socioepistemología, matemáticas y realidad. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática*, 7(3), 91-116.
- Crespo Crespo, C. (2007a). Las argumentaciones matemáticas desde la visión de la socioepistemología. *Tesis de doctorado no publicada*. CICATA-IOPN, México.
- Crespo Crespo, C. (2007b). Los estudiantes ante formas de argumentar aristotélicas y no aristotélicas. Un estudio de casos. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 2(1).
- Crespo Crespo, C., Farfán, R. y Lezama, J. (2009). Algunas características de las argumentaciones y la matemática en escenarios sin influencia aristotélica. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 12(1), 29-66.
- Crespo Crespo, C., Farfán, R. y Lezama, J. (2010). Argumentaciones y demostraciones: una visión de la influencia de los escenarios socioculturales. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 13(3), 283-306.
- Crespo Crespo, C., Farfán, R. y Lezama, J. (2011). Some reflections on argumentations and mathematics in scenarios devoid of aristotelian influence and their importance in the mathematics classroom. *International Journal of Contributions to Mathematics Teaching*, 1(1), 9-13.
- Gal, I. (2002). Adults' statistical literacy: Meanings, components, responsibilities. *International Statistical Review*, 70(1), 1-51.
- Marriott, J., Davies, N. y Gibson, L. (2009). Teaching, learning and assessing statistical problem solving. *Journal of Statistics Education*, 17(1).

Pfannkuch, M. y Wild, C. (2000). Statistical thinking an statistical practice: Themes gleaned from professional statisticians. *Statistical Science*, 15(2), 132-152.

Ponteville, C. (2012). Reflexiones sobre la enseñanza de la estadística. *Premisa* 14(54), 37-40.

Ponteville, C. y Crespo Crespo, C. (2016). Las pruebas de hipótesis en el discurso matemático escolar. *Actas del XI Congreso Argentino de Educación Matemática*, p. 765-774.

Ponteville, C. y Nuñez, M. (2010). *La demostración y la enseñanza de la estadística*. *Actas de la VIII CAREM*, p. 345-350.

Utts, J. (2014). *Seeing Through Statistics*, 4th edition. Boston, United States: Cengage Learning.

Vallecillos, A. y Batanero, C. (1997). Aprendizaje y enseñanza del contraste de hipótesis: concepciones y errores. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 189-197.