

PROPICIANDO EL RAZONAMIENTO ESTADÍSTICO EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA: UN PROCESO DE INSTRUCCIÓN IMPLEMENTADO EN TIEMPOS DE PANDEMIA

Stella Maris Figuroa, María Andrea Aznar, y Juan Ignacio Pastore
Grupo GIEMI, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina
stellafiguroa@fi.mdp.edu.ar

Se describe un proceso de instrucción implementado por el aislamiento durante la pandemia, orientado a desarrollar en los estudiantes el razonamiento estadístico en el marco del Enfoque Ontosemiótico del Conocimiento y la Instrucción Matemáticos. Las actividades propuestas adquieren una valoración positiva de su idoneidad ecológica al favorecer el “saber hacer” de los estudiantes, ofreciéndoles prácticas matemáticas contextualizadas y significativas en ingeniería. El razonamiento estadístico se ejemplifica en una de las actividades evaluadas en los alumnos. En el 54% de las mismas, se observaron buenos y muy buenos niveles de desarrollo en habilidades de lectura e interpretación de gráficos, análisis de información estadística, y elaboración de conclusiones, mientras el resto evidenció un bajo e insuficiente desarrollo en estas habilidades.

INTRODUCCION

Los acuerdos establecidos entre la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI) con el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) de Argentina, seleccionan un modelo educativo que marca un cambio de enfoque al considerar una enseñanza por competencias.

Estas competencias aluden a capacidades complejas e integradas, están relacionadas con saberes (teórico, contextual y procedimental), se vinculan con el saber hacer (formalizado, empírico, relacional), están expresadas en el contexto profesional (entendido como la situación en que el profesional debe desempeñarse o ejercer), y permiten incorporar la ética y los valores.

La reorganización de los contenidos de Estadística Básica, señalados en el trabajo de Figuroa y Baccelli (2018), contribuyó a definir los resultados de aprendizaje de esta asignatura, entendidos como las competencias de Estadística Básica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Las mismas están alineadas con algunas de las competencias genéricas incluidas en la Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina (CONFEDI, 2018).

Una de las competencias genéricas de egreso de las carreras de ingeniería es identificar, formular y resolver problemas de ingeniería. Un aporte de la formación estadística en la construcción de esa competencia en el futuro ingeniero es que propicie que el estudiante utilice el razonamiento estadístico en el análisis e interpretación de la información y en la toma de decisiones. De esta manera se da sentido a los objetos estadísticos intervinientes en su aprendizaje.

El razonamiento estadístico es definido por Wild y Pfannkuch (1999) con cuatro dimensiones: (a) El ciclo de investigación (serie de pasos a seguir desde el planteo de un problema estadístico hasta su resolución); (b) los modos fundamentales de razonamiento estadístico: (1. Reconocer la necesidad de los datos; 2. Transnumeración; 3. La percepción de la variación; 4. Razonamiento con modelos estadísticos; 5. Integración de la estadística y el contexto); (c) el ciclo de interrogación, aplicado a nivel global y en cada paso, es la búsqueda y comprobación de explicaciones o hipótesis desde los datos, los análisis realizados o los resultados; y (d) una serie de actitudes, como el escepticismo, la apertura mental, la perseverancia, y el espíritu crítico. Tauber (2010) define el razonamiento estadístico como la manera de razonar en relación con las ideas estadísticas y en cómo se le da sentido a la información estadística. Esto involucra: hacer interpretaciones basadas en un conjunto de datos, representar o resumir datos. También involucra las relaciones entre conceptos como la media y dispersión. Razonar, en este sentido, significa comprender y ser capaz de explicar procesos estadísticos y de interpretar, de manera global, los resultados estadísticos.

Esta comunicación describe un proceso de instrucción orientado a desarrollar el razonamiento estadístico en la resolución de problemas de ingeniería. Una evaluación parcial de dicho proceso se realiza a través del análisis de las producciones de 148 estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata. El estudio de las prácticas matemáticas involucradas en la

resolución de una situación problema se realiza para determinar de qué manera los estudiantes interpretan y analizan información estadística para la toma posterior de decisiones.

Desde la Didáctica de la Matemática, el trabajo utiliza herramientas teóricas y metodológicas del Enfoque Ontosemiótico del Conocimiento y la Instrucción Matemáticos, que define *práctica matemática*, como “cualquier actuación o expresión operativa o discursiva, realizada por alguien para resolver problemas matemáticos, comunicar a otros la solución obtenida, validarla o generalizarla a otros contextos y problemas” (Godino y Batanero, 1994, p. 334). El sistema de prácticas operativas o discursivas forman los “significados”.

Considera un *Conflicto semiótico* a cualquier discordancia entre los significados atribuidos a una expresión por dos sujetos (personas o instituciones) y la noción de *idoneidad didáctica de un proceso de instrucción*, que la define como el grado en que dicho proceso (o una parte del mismo) reúne ciertas características que permiten calificarlo como óptimo o adecuado para conseguir la adaptación entre los significados personales logrados por los estudiantes (aprendizaje) y los significados institucionales pretendidos o implementados (enseñanza), teniendo en cuenta las circunstancias y recursos disponibles (entorno). Una dimensión de ella, la *idoneidad ecológica*, se define como “el grado en que el proceso de instrucción se ajusta al proyecto educativo de la institución y la sociedad y a los condicionamientos del entorno en que se desarrolla.”

METODOLOGÍA

Teniendo en cuenta la prolongación del aislamiento por la pandemia, se propuso como metodología de enseñanza en Estadística Básica, una modalidad de aula invertida.

El aula invertida, llamada también *Flipped Classroom*, difundida principalmente por los profesores Bergmann y Sams (2014), está cada vez más generalizada a nivel mundial en diferentes asignaturas y etapas educativas. Es una propuesta didáctica que promueve el aprendizaje centrado en el estudiante y el trabajo colaborativo, además es acorde a una enseñanza por competencias en carreras de Ingeniería. Comienza con un primer momento de estudio personal realizado por el estudiante a partir de material teórico proporcionado por la cátedra. Un segundo momento surge durante el encuentro con el profesor, donde se establece un espacio de comunicación y debate para el análisis de conceptos, consultas y resoluciones de problemas.

En la cátedra de Estadística Básica durante la pandemia, el encuentro fue virtual. Las actividades de estudio e interacciones estuvieron organizadas, en el entorno de una plataforma Moodle proporcionada por la Facultad, siguiendo un cronograma semanal, publicado al inicio de la asignatura cursada. Estudiantes y docentes se comunicaron en un encuentro semanal sincrónico por medio de la plataforma de videoconferencia Webex. Asimismo, se implementaron encuentros asincrónicos en los foros de la plataforma. Allí los estudiantes consultaron sobre conceptos teórico-prácticos, resoluciones de problemas, videos, o presentaciones de clases incluidas en la plataforma. En cada encuentro se debatieron e interpretaron conceptos, se aclararon dudas, y se resolvieron las dificultades planteadas por los estudiantes.

Los materiales de estudio utilizados consisten en videos tutoriales, en su mayoría diseñados por la cátedra, y algunos por otras fuentes. Las guías de trabajos prácticos y las presentaciones están constituidas por ejercicios y problemas, muchos de ellos contextualizados en el ámbito de la ingeniería. Los mismos requieren de los estudiantes, interpretar y analizar información donde se estudia la distribución de los datos, en sus distintas representaciones, la simetría, la variabilidad, y la posibilidad de encontrar medidas que los resuman.

Para estimular la participación activa de los estudiantes en las actividades propuestas, y fomentar un ritmo de trabajo acorde a esta modalidad, se diseñaron cinco evaluaciones, llamadas parciales. Cada una de ellas fue diseñada para evaluar un resultado de aprendizaje y fue implementada en forma de cuestionarios de la plataforma Moodle. La mayoría de las preguntas de esos cuestionarios eran de tipo ensayo. Los estudiantes debieron responder subiendo un archivo en formato pdf con la resolución del problema propuesto.

El proceso de instrucción que se describe está vinculado a los siguientes Resultados de aprendizaje expresados con el formato [verbo] + [contenido] + [finalidad] + [condición]:

- Resultado de Aprendizaje 1, RA1: [Utiliza] [la Estadística] [para la resolución de problemas de la ingeniería] [como un instrumento de resolución de problemas de análisis de datos, aplicando métodos y técnicas estadísticas para una y dos variables]

- Resultado de Aprendizaje Transversal, RAT: [Comunica] [sus propias producciones y/o las de su grupo de trabajo] [para fundamentar los resultados obtenidos en sus resoluciones] [con razonamiento estadístico y pensamiento crítico, en forma clara y precisa, con un lenguaje y simbología adecuados, en el tiempo acordado, a través de informes o evaluaciones escritas u orales.]

Estos resultados de aprendizaje fueron evaluados en parte, a través del 1er parcial mediante los criterios de evaluación (CE), que pueden considerarse como componentes del razonamiento estadístico, en concordancia con la definición de razonamiento estadístico de Tauber (2010):

- CE1: Calcula e interpreta el significado de las medidas de tendencia central y de posición en el contexto de la variable estadística, según la información presentada.
- CE2: Analiza variabilidad y simetría en una distribución de datos.
- CE3: Compara distribuciones de datos, relacionando medidas de tendencia central y de variabilidad y la detección de valores atípicos en forma gráfica y analítica.
- CET: (Criterio de Evaluación Transversal) Fundamenta en forma clara y precisa, los resultados obtenidos en sus resoluciones con razonamiento estadístico.

Estos criterios dan estructura a las *prácticas matemáticas* evaluadas, como puede observarse en los cuatro ítems del problema del primer Parcial que se expone en el apartado siguiente. A cada ítem se le asignó un puntaje de 10 puntos, (40 puntos en total). Los puntajes obtenidos de las producciones de los estudiantes se clasificaron en categorías, según la cantidad de conflictos semióticos encontrados, dando lugar a tres niveles de rendimiento académico que categorizan las habilidades adquiridas para el desarrollo del razonamiento estadístico: Muy Bueno y Bueno (30 a 40 puntos), Regular (20 a 29 puntos) e Insuficiente (0 a 19 puntos).

En la Figura 1 se expone el enunciado de la situación problema proporcionada a los estudiantes.

Un ingeniero químico está desarrollando un compuesto para acelerar el tiempo (en minutos) de secado de cierta pintura utilizada en la industria automotriz. A una fórmula inicial (Fórmula 1), el ingeniero le fue incorporando, secuencialmente, cantidades crecientes del compuesto químico desarrollado por él dando origen a las fórmulas 2, 3, 4, y 5. De esta manera se generaron nuevas fórmulas con las cuales el ingeniero pintó varias superficies y tomó los tiempos de secado para cada una de ellas de manera individual. Lamentablemente el registro numérico no se pudo recuperar, pero sí la figura que surgió de los datos faltantes. En base a la Figura dada:

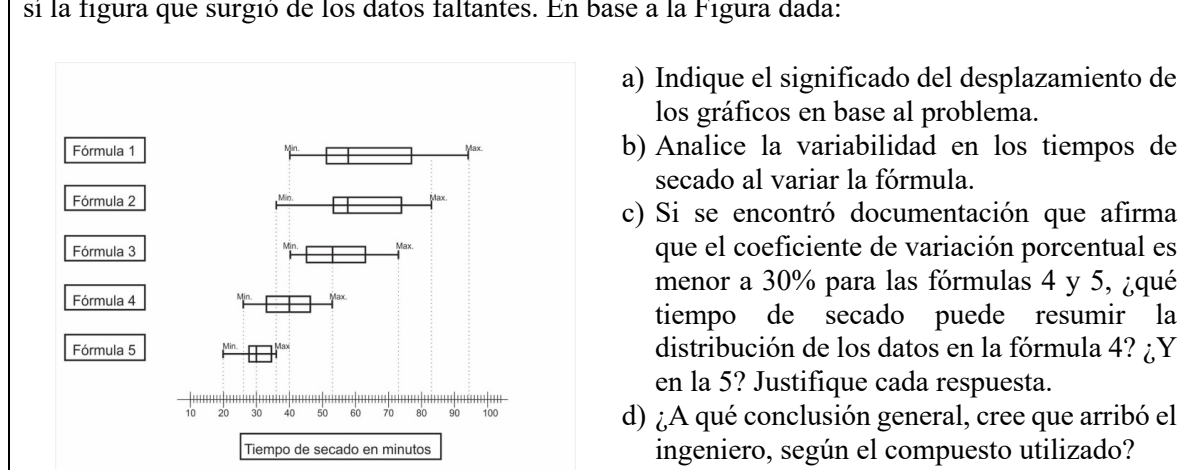


Figura 1. Situación problema del primer parcial

RESULTADOS

Para analizar las resoluciones de los estudiantes del problema planteado, en relación al razonamiento estadístico, se presenta en la Tabla 1 un cuadro en el que para cada ítem del problema se compara la respuesta óptima con los conflictos semióticos hallados en las producciones de algunos estudiantes; también se identifican los principales modos de razonamiento estadístico implicados.

Tabla 1. Análisis de las producciones de los estudiantes

Respuestas Óptimas a cada pregunta	Conflictos semióticos encontrados	Modos fundamentales de razonamiento estadístico implicados
a) El desplazamiento secuencial de las gráficas de caja hacia la izquierda indica que la incorporación de mayor cantidad de aditivo secante a la fórmula inicial ha dado resultado, ya que se tarda menos minutos en el secado.	Varios alumnos escribieron: <i>La posición de los gráficos muestra la relación entre la fórmula (1,2,3,4,5) y su tiempo de secado (en minutos). Pero no argumentaron qué significa el desplazamiento secuencial hacia la izquierda. Confundieron la definición de la variable, que es el tiempo de secado (en segundos), para cada fórmula, con el significado del desplazamiento a la izquierda, dado por el aditivo agregado a la fórmula.</i>	<i>Reconocimiento de los datos.</i> Respondieron según la evidencia proporcionada por los datos. <i>Transnumeración.</i> Comunicaron el significado que surge de la comparación de los gráficos de caja.
b) Se observa una menor variabilidad en los tiempos de secado al cambiar de fórmula, puesto que las dimensiones del largo de la caja van disminuyendo.	Algunos estudiantes analizaron la variabilidad en cada gráfico pero no la variabilidad al cambiar la fórmula en los tiempos de secado.	<i>Percepción de la variación.</i> Consideraron la variación en la aplicación de los componentes para cada fórmula y la variación aleatoria que se produce en las mediciones con los datos y el muestreo realizado.
c) Si se afirma que el coeficiente de variación porcentual es menor al 30%, (regla consensuada para indicar poca variabilidad) para las dos fórmulas (4 y 5) y, observando que, para la fórmula 4, la distribución es simétrica, entonces la media coincide aproximadamente con la mediana y la moda. Por lo tanto, la media de 40 minutos resume los datos. En la fórmula 5, la distribución es asimétrica positiva, por lo que la mediana, cuyo valor es de 30 minutos, resume los datos.	El conflicto semiótico se produjo en los estudiantes que no eligieron la medida adecuada que resume los datos, habiendo analizado la simetría y conociendo la poca variabilidad de los mismos.	<i>Percepción de la variación.</i> Consideraron el coeficiente de variación porcentual. <i>Transnumeración.</i> Comprendieron la forma de distribución de los datos y su relación con una medida que los resume.
d) La fórmula 5 seca más rápido. El 100% de las pinturas tarda menos de 40 minutos en secar, mientras que las fórmulas 1 y 3 comienzan a secar a los 40 minutos. El 50% de los tiempos de secado llega a los 30 minutos.	Algunos estudiantes no eligieron la fórmula adecuada por no priorizar el comportamiento de la variable (tiempo de secado) sobre la forma de la distribución.	<i>Integraron la estadística y el contexto,</i> al resolver un problema real de la Ingeniería.

Los puntajes obtenidos de las producciones de los estudiantes se clasificaron en categorías, según la cantidad de conflictos semióticos encontrados, dando lugar a tres niveles de rendimiento académico que categorizan las habilidades adquiridas para el desarrollo del razonamiento estadístico: Muy Bueno y Bueno (30 a 40 puntos), Regular (20 a 29 puntos), e Insuficiente (0 a 19 puntos). Dichos niveles se representan en la Figura 2.

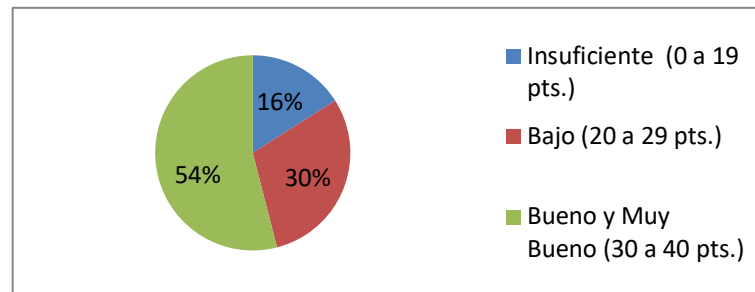


Figura 2. Niveles de rendimiento académico según los puntajes obtenidos

CONCLUSION

Para evaluar un proceso de instrucción tendiente a promover el razonamiento estadístico, se eligió una situación problema del análisis de datos que se presentó en diagramas de cajas, y los estudiantes debieron aplicar, en términos de Wild y Pfannkuch (1999), algunos modos fundamentales de razonamiento estadístico.

Resultó que un poco más de la mitad de los estudiantes efectuó un buen *reconocimiento de los datos*, puesto que basaron sus respuestas en la evidencia que proporcionaron los mismos. También aplicaron la *transnumeración*, porque lograron comunicar el significado que surge de los datos de manera comprensible. Tuvieron presente la *percepción de la variación*, ya que consideraron la variación debida a los componentes de cada fórmula y la variación aleatoria que se produce en las mediciones con los datos y el muestreo realizado. Por último, *integraron la estadística y el contexto*, al resolver un problema real de la Ingeniería.

Los conflictos semióticos encontrados, referidos a vincular el análisis de la forma y variabilidad de una distribución de datos con medidas de tendencia central y la comparación de gráficos de caja, advierten sobre aspectos a profundizar en propuestas didácticas que desarrollen las habilidades en los modos fundamentales de razonamiento estadístico mencionados. Estas propuestas favorecen el “saber hacer” de los estudiantes, lo que proporciona una valoración positiva de su idoneidad ecológica, ofreciendo al estudiante prácticas matemáticas contextualizadas y significativas en ingeniería.

REFERENCIAS

- Bergmann, J., y Sams, A. (2014). *Dale la vuelta a tu clase lleva tu clase a cada estudiante, en cualquier momento y cualquier lugar* (M. Fernández, Trans.). Ediciones SM. (Obra original publicada 2012) https://aprenderapensar.net/wp-content/uploads/2014/05/156140_Dale-la-vuelta-a-tu-clase.pdf
- Consejo Federal de Decanos de Ingeniería. (2018). *Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación en carreras de ingeniería de la República Argentina*, Universidad Fasta Ediciones. https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf
- Figuroa, S., y Baccelli, S. (2018). Mejora de una propuesta didáctica sobre la vinculación entre una variable estadística y su variable aleatoria asociada. *ALME*, 31(1), 257–264. <http://funes.uniandes.edu.co/13474/1/Figuroa2018Mejora.pdf>
- Godino, J., y Batanero, C. (1994). Significado institucional y personal de los objetos matemáticos. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 14(3), 325–355. https://www.ugr.es/~jgodino/funciones-semioticas/03_SignificadosIP_RDM94.pdf
- Tauber, L. (2010). Análisis de elementos básicos de alfabetización estadística en tareas de interpretación de gráficos y tablas descriptivas. *Ciencias Económicas*, 1(8), 53–74. <https://doi.org/10.14409/ce.v1i12.1146>

Wild, C., y Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry. *International Statistical Review*, 67(3), 221–248. <https://doi.org/10.1111/j.1751-5823.1999.tb00442.x>