

FORMACIÓN ESTADÍSTICA DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

Arturo A. Alvarado Segura¹, Fidel Morales Couoh²
Karen Itzel De la Cruz De la Cruz³

ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN

Recibido: 27/05/2019 Aceptado: 26/07/2019 Publicado: 03/12/2019

Resumen. Se resalta la importancia de la Estadística en la ciencia y la ingeniería, su relación estrecha pero diferenciada con la Matemática y su relevancia en la conformación de un pensamiento estadístico, cuya enseñanza y adquisición es lenta y laboriosa pero fundamental, en los estudiantes de ingeniería. Se esboza la interacción de dos esferas de conocimiento, el estadístico y el contextual, para tener éxito en el uso de la estadística en la investigación científica. Finalmente, se sugiere un esquema común mínimo de estadística para las carreras de ingeniería.

Palabras clave: pensamiento estadístico, investigación científica, ingeniería.

STATISTICAL TRAINING OF ENGINEERING STUDENTS

Abstract.- The importance of Statistics in science and engineering is highlighted, as well as its close but differentiated relationship with Mathematics and its relevance in the conformation of a statistical thought, whose teaching and acquisition is slow and laborious but fundamental, in engineering students. It is sketched the interaction of two spheres of knowledge, the statistical and the contextual, in order to be successful in the use of Statistics in scientific research. Finally, a minimum common statistical scheme for engineering pre-graduate programs is suggested.

Keywords: statistical thinking, scientific research, engineering.

Introducción

La Estadística es la ciencia de la colección y análisis de los datos, la presentación e interpretación de resultados, y la identificación de patrones de los fenómenos estudiados, en escenarios de incertidumbre y variación, con la finalidad de hacer juicios razonables y tomar decisiones informadas (Devore, 2008). La Estadística está presente en la ciencia, en la ingeniería y en los negocios. Además, varias disciplinas emergentes como la Ambientometría, tienen una fuerte componente estadística, y una ciencia clásica como la Física, ha incorporado componentes aleatorias en el estudio de fenómenos macroscópicos, en la Física (o Mecánica) Estadística.

Los programas de ingeniería del Tecnológico Nacional de México (TecNM) incluyen al menos un curso semestral de Estadística de cinco horas semanales, pero dada la importancia de esta disciplina, es pertinente valorar el peso que se le debe dar en los planes de estudio actuales. La relevancia de la formación estadística de los futuros ingenieros se refleja en el hecho de que el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI, 2018) plantea que la competencia en estadística, es uno de los siete atributos fundamentales para los egresados de las ingenierías (Figura 1). Esto sugiere que además de los cursos de Matemáticas, se requiere en la retícula de tres a cinco cursos de Estadística, y al menos la mitad de ellos debe ser común a todas las ingenierías.

En este trabajo se resalta la importancia de la Estadística en la investigación científica, y se esboza la interacción necesaria entre el conocimiento estadístico y el conocimiento científico de donde provienen los datos del fenómeno bajo análisis (contexto). Es en el conocimiento del contexto donde surgen las preguntas de investigación que han de abordarse con métodos estadísticos. Son estos contextos los que dan lugar a disciplinas mixtas, bien diferenciadas entre ellas, como la Bioestadística, la Genética Estadística o la Ecología Estadística.

¹ Arturo A. Alvarado Segura. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán. Carr. Muna-Felipe Carrillo Puerto, Oxkutzcab-Akil, Km. 41+400, Oxkutzcab, Yucatán, Méx. C.P. 97880. a_alvaradosegura@outlook.com (**Autor corresponsal**).

² Fidel Morales Couoh. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán. Carr. Muna-Felipe Carrillo Puerto, Oxkutzcab-Akil, Km. 41+400, Oxkutzcab, Yucatán, Méx. C.P. 97880. hocaba-fidel@hotmail.es

³ Karen Itzel De la Cruz De la Cruz. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Departamento de Estadística, Matemática y Cómputo. Carr. México-Texcoco km. 38.5, C.P. 56230. Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. karenlezti@gmail.com



Figura 1. Los atributos del egresado de ingeniería según el CACEI (2018).

Matemática y estadística: dos hermanas queridas, pero con marcadas diferencias

El término *probabilidad* se refiere al estudio de azar y la incertidumbre en cualquier situación en la cual varios posibles sucesos pueden ocurrir; la disciplina de la probabilidad proporciona métodos de cuantificar las oportunidades y probabilidades asociadas con varios sucesos. El estudio de la probabilidad como una rama de las matemáticas se remonta a más de 300 años, cuando nace en conexión con preguntas que implicaban juegos de azar. En la actualidad tiene innumerables aplicaciones directas en problemas de *inferencia estadística*.

Devore (2008).

Es ampliamente aceptado, desde que Gauss (Figura 2) la nombró así en el Siglo XIX, que la Matemática es la reina de las ciencias, porque es el lenguaje de la ciencia, ayuda a comprender los patrones complejos de la naturaleza y por su característica de servir como marco de referencia común para el razonamiento en otras ciencias.

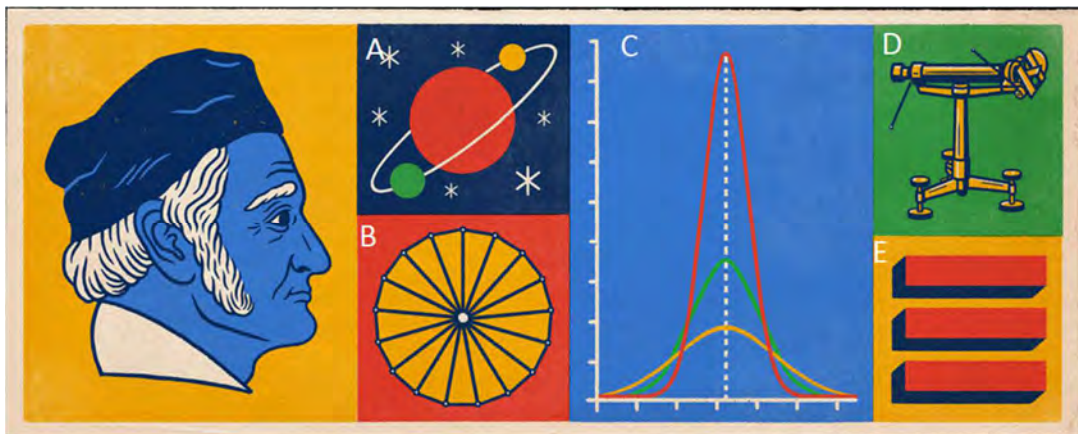


Figura 2. Doodle que el ilustrador Bene Rohlmann dedicó el 30 de abril de 2018 a Carl Friedrich Gauss (1777-1855), con motivo del 241 Aniversario de su nacimiento. **A.** La elipse representa su trabajo en astronomía. **B.** La estrella, representa el heptadecágono que construyó y que se encuentra en la estatua de Gauss en su ciudad natal. **C.** La curva muestra una versión triple de la distribución normal, que él popularizó. **D.** Inventó el sextante/heliotropo para levantamientos geodésicos. **E.** Representa a Sigma, el símbolo de una sumatoria.

A mediados del Siglo XVII, se estableció la supremacía de las Matemáticas como lenguaje para el estudio de los fenómenos físicos, pero poco a poco se fue permeando en las ciencias biológicas, las económico-administrativas o incluso en la psicología (Livio, 2009). La aparente omnipresencia y omnipotencia de las matemáticas (en todas las demás ciencias) ha llevado a formular a Livio (2009) la pregunta retórica “¿Es Dios un matemático?”, con el que titula su libro. Por otro lado, la Estadística es una parte aplicada de la probabilidad (subdisciplina matemática) pero en su aplicación utiliza el razonamiento inductivo (de la muestra a la población), en sentido opuesto al razonamiento matemático, que es principalmente deductivo (de lo general a lo particular) (Figura 3).



Figura 3. Relación de las Matemáticas (probabilidad) con la Estadística (Fuente: Devore, 2008).

Un problema común en el aprendizaje de la Estadística Aplicada es considerarla como subdisciplina de las Matemáticas, por lo que se espera aprender un conjunto de reglas que se pueden utilizar en nuestros trabajos; sin embargo, la naturaleza del pensamiento estadístico es inductivo, desde la colección, el análisis y la interpretación de los resultados (Qian, 2017). Es posible que esta aparente ambigüedad dificulte la enseñanza/aprendizaje de la ciencia Estadística a estudiantes de ingeniería. No es fácil dar una definición completa de la Estadística, posiblemente por la necesidad –de los estadísticos– desde hace mucho tiempo de establecer una clara distinción con la Matemática, no sólo ante la comunidad académica sino también en la sociedad en general (Kaizer, 2005). Sin embargo, podemos caracterizar la Estadística como la ciencia que se encarga de la colección, procesamiento, análisis e interpretación de datos con la finalidad de establecer patrones de comportamiento del fenómeno estudiado y estar en posibilidad de hacer predicciones razonables, tomando en cuenta la variabilidad y la incertidumbre del objeto de estudio.

La Estadística tiene aplicaciones en diversos campos como la genética, las finanzas, la medicina, el medio ambiente y el control de calidad; últimamente ha aumentado el uso de metodologías estadísticas que requieren el uso intensivo del cómputo electrónico, como la ciencia de las grandes bases de datos (big data). Cada una de estas “aplicaciones” de la ciencia Estadística se constituye también en una nueva disciplina como la Econometría (utilización de herramientas matemáticas, estadísticas y económicas para estimar las relaciones económicas), la Bioestadística (estadística aplicada a las ciencias de la vida), la Ambientometría (una 'n-ciencia' emergente, donde convergen el ecologista, el científico natural y social, el ingeniero y estadístico, e incluso el científico político), la Mecánica Estadística (aplicación de la teoría de la probabilidad para deducir el comportamiento de los sistemas físicos macroscópicos), la Genética Estadística (métodos para hacer inferencias a partir de datos genéticos), entre otras. La consolidación de la Estadística como ciencia diferenciada de las Matemáticas, donde están sus bases teóricas, se refleja en la gran cantidad de información *sintetizada* en los 16 volúmenes (Figura 4) de la segunda edición de la Enciclopedia de las Ciencias Estadísticas (Kotz, Balakrishnan, Read, Vidakovic, & Johnson, 2006).

Esto es, la Matemática y la Estadística son dos ciencias con un mismo punto de partida y con la finalidad de estudiar patrones de los fenómenos del mundo físico. La Estadística nace como consecuencia de los desarrollos teóricos llevados a cabo en una subdisciplina netamente matemática, la probabilidad, pero su producto final al tratar de establecer patrones de fenómenos que ocurren con variabilidad y bajo incertidumbre, a partir de un conjunto reducido de datos (la muestra), le da una personalidad propia.

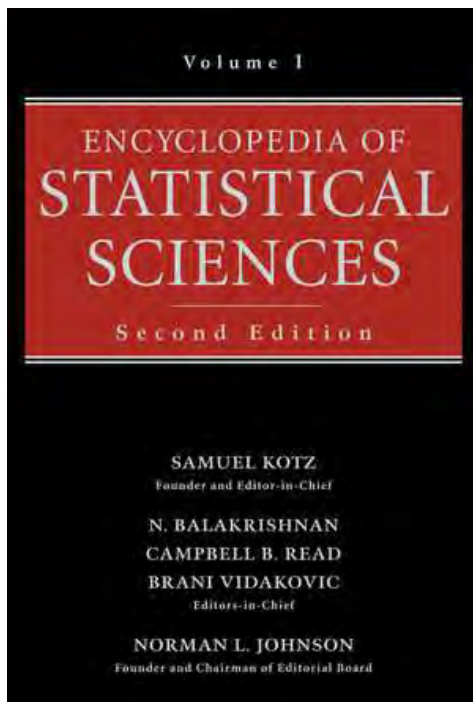


Figura 4. Volumen 1 de la segunda edición de la Enciclopedia de las Ciencias Estadísticas que cuenta con 16 volúmenes y fue escrita por más de 600 expertos a nivel mundial.

Dos esferas simbióticas de conocimiento: la estadística y el contexto

La Estadística se utiliza en la investigación en diferentes disciplinas científicas. En el proceso de investigar, el conocimiento estadístico, el conocimiento del contexto del fenómeno abordado y la información contenida en los datos son las componentes que generan implicaciones, hallazgos y conjeturas (Wild & Pfannkuch, 1999). El conocimiento del contexto y el conocimiento estadístico deben estar en interacción para desarrollar buenos proyectos de investigación (Figura 5). Sin este binomio, se pueden hacer cosas aisladas pero sin la profundidad necesaria para encontrar hallazgos interesantes. Esto es, para ponerlo en términos prácticos, se necesita en el equipo de investigación alguien que domine la metodología estadística y los procesos de cómputo electrónico (el estadístico profesional) así como el investigador en la ciencia de donde proviene el fenómeno bajo análisis. El estadístico tiene que involucrarse, de forma general, con la comprensión del fenómeno que se estudia y el investigador de la ciencia de contexto debe tener nociones de los principios estadísticos que son necesarios para hacer buenas inferencias e interpretaciones.



Figura 5. Relación entre la esfera del contexto del fenómeno analizado y la esfera del conocimiento estadístico (Fuente: Wild & Pfannkuch, 1999).

Los métodos de colecta y análisis de la información provienen de la Estadística pero las preguntas de amplio espectro a investigarse nacen del conocimiento profundo de la disciplina científica a la que pertenecen, esto es, la ecología, la genética, los recursos naturales, entre otras. Esta conexión entre ambas esferas contribuye a conformar el pensamiento estadístico de los estudiantes cuya especialidad no es la Estadística, y les provee de significado a los conceptos y métodos que aprenden en los pocos cursos que pueden llevar en su plan de estudios (Figura 6). En las primeras etapas del proyecto (idea del proyecto, formulación de preguntas de amplio espectro) tiene mayor peso relativo el conocimiento del contexto; posteriormente (formulación de preguntas concretas, plan de colecta de datos, análisis e interpretación de resultados), el peso relativo del conocimiento del contexto es similar al peso del conocimiento estadístico (Wild & Pfannkuch, 1999).



Figura 6. Contribución del conocimiento estadístico y del conocimiento del contexto para planificar la colecta de datos de un proyecto de investigación (Fuente: Wild & Pfannkuch, 1999).

Conclusiones y perspectivas

La Estadística es una ciencia con muchas aplicaciones en las ciencias experimentales y las ingenierías. Algunas de las aplicaciones se convierten con el tiempo en disciplinas científicas distinguibles, por los métodos especializados que desarrollan y utilizan. En los programas de ingeniería del TecNM se incluye al menos un curso semestral de Estadística; algunos programas académicos llevan hasta cuatro cursos relacionados con la Estadística (i.e. Ingeniería Industrial, Ingeniería en Gestión Empresarial). Dada la relevancia de la Estadística, es deseable acordar un mínimo de cursos de tronco común de esta disciplina en todas las ingenierías (no menor a dos asignaturas), complementados con uno o dos cursos adicionales con mayor énfasis en las áreas de aplicación de la ingeniería correspondiente. En aquellas carreras con sólo un curso semestral de cinco horas por semana en su plan de estudios (i.e. Ingeniería Bioquímica), resulta necesario evaluar de qué forma puede complementarse la formación estadística de sus estudiantes.

Referencias bibliográficas

- Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI) (2018). *Marco de Referencia 2018 del CACEI en el Contexto Internacional*. Versión 2. México: Consejo para la Acreditación de la Educación Superior. Obtenido de http://www.cacei.org/docs/marco_ing_2018.pdf
- Devore, J. L. (2008). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (7a ed.). México: Cengage Learning Editores.
- Kotz, S., Balakrishnan, N., Read, C., Vidakovic, B., Johnson, N. L. (editors-in-chief). (2006). *Encyclopedia of Statistical Sciences*. 2nd ed. New Jersey, EUA: John Wiley & Sons.
- Kaizer, M. S. (2005). *Advanced statistical methods*. Iowa, EUA: Iowa State University. Obtenido de <https://mskaiser.public.iastate.edu/stat601/booknotes.processfile.pdf>
- Livio, M. (2009). *¿Es Dios un matemático?* México: Ariel.
- Qian, S. S. (2017). *Environmental and Ecological Statistics with R*. 2nd ed. Ohio, EUA: Taylor and Francis.
- Wild, C. J. & Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry. *International Statistical Review*, 67(3), 223-248. <https://doi.org/10.1111/j.1751-5823.1999.tb00442.x>