

Idoneidad de un curso de probabilidad en la carrera de telemática en una escuela de ingeniería del Instituto Politécnico Nacional

Suitability of a probability course in the career of telematics in an engineering school of the National Polytechnic Institute

Fermín Acosta Magallanes, Elvia Rosa Ruiz Ledezma y Jorge Rojas Beltrán
Instituto Politécnico Nacional, México

Resumen

Particularmente en la malla curricular de la carrera de ingeniería en telemática, de una escuela perteneciente al Instituto Politécnico Nacional en la Ciudad de México; se presentan dificultades en los estudiantes al tener una gran cantidad de contenido matemático, en particular de la teoría de probabilidad, en las unidades de aprendizaje: teoría de comunicaciones, sistemas celulares, telefonía, comunicaciones digitales, transmisión de datos y teoría de la información. En esta investigación, a través de un trabajo interdisciplinar, abordamos el contenido probabilístico con problemas tipo de las diversas unidades de aprendizaje en cuestión. Para la elaboración de las prácticas, estamos tomando en cuenta el constructo teórico de la idoneidad didáctica con sus dimensiones para posteriormente analizar su implementación.

Palabras clave: Idoneidad didáctica, probabilidad, interdisciplinariedad

Abstract

In the engineering career in telematics, of a school belonging to the National Polytechnic Institute in Mexico City, students have difficulties due to the large amount of mathematical content, particularly probabilistic content, in the learning units: communication theory, cellular systems, telephony, among others. In this research, through an interdisciplinary work, we address the probabilistic content with typical problems of the different learning units. For the elaboration of the practices, we are taking into account the theoretical construct of didactic suitability, with its dimensions, to later analyze its implementation.

Keywords: Didactic suitability, probability, interdisciplinarity

1. Introducción

El hecho de que la educación superior, basada en políticas educativas siga las recomendaciones emitidas por organismos internacionales, tales como: la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el Banco Mundial (BM) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (Busso, Cristia, Hincapié, Messina, y Ripani, 2017) entre otros organismos que recomiendan que la educación superior se adapte a las exigencias planteadas por la sociedad da sentido gestionar el talento humano necesario para responder a lo planteado por la sociedad del conocimiento.

Por lo anterior es preciso estudiar las problemáticas con el fin de implementar mejoras continuas en los procesos académicos que conlleven a formar profesionales en condiciones de afrontar los retos actuales y futuros de la sociedad, la ciencia y la tecnología, entre otros.

Por lo que respecta a contextos de ingeniería y muy específicamente en el estudio de las probabilidades, observamos que el currículo por competencias que permea los planes y

programas de estudio en el Instituto Politécnico Nacional (IPN), y particularmente en la malla curricular de la carrera de telemática, se presentan dificultades en los estudiantes al tener una gran cantidad de contenido matemático en general y particularmente contenido probabilístico, puesto que en las unidades de aprendizaje:

- Teoría de las comunicaciones.
- Sistemas celulares.
- Telefonía.
- Comunicaciones digitales.
- Transmisión de datos.
- Teoría de la información.

Se presentan diversos problemas de aplicación que se fundamentan en la probabilidad, haciéndose necesario un trabajo interdisciplinario, en este sentido se presenta el problema a investigar. Por lo que se plantean dos objetivos:

1. Vincular la probabilidad con las unidades de aprendizaje ya mencionadas anteriormente, donde el objeto matemático probabilidad tenga significado para los estudiantes, diseñando actividades pertinentes para tal fin.
2. Implementar las actividades y analizar las respuestas de los estudiantes bajo el constructo teórico de la idoneidad didáctica.

En esta investigación particularmente presentamos el objetivo uno. Estamos utilizando como marco teórico el enfoque ontosemiótico del conocimiento y la instrucción matemática (EOS), (Godino, Bencomo, Font y Wilhelmi, 2006) en la categoría de la Idoneidad didáctica, que se concibe como la articulación coherente y eficaz de distintas dimensiones implicadas en los procesos de estudio matemático: epistémica, cognitiva, interaccional, mediacional, emocional y ecológica (Godino, Bencomo, Font y Wilhelmi, 2006).

Además, entendemos el grado de interdisciplinariedad, en el sentido de Vasquez, Sneider y Comer (2013), como conceptos y habilidades ligados íntimamente y aprendidos de dos o más disciplinas con el objetivo de profundizar en ellos. El estudio se está efectuando en la carrera de telemática de la unidad profesional interdisciplinaria en ingeniería y tecnologías avanzadas del Instituto Politécnico Nacional (UPIITA-IPN) en la ciudad de México.

En trabajos donde nos hemos documentado sobre la línea de la idoneidad didáctica encontramos lo que llaman hechos didácticos significativos (HDS), que inciden en mejoras de diseño (Beltrán-Pellicer, 2016). Así mismo, se revisan las facetas que la componen (Godino, Giacomone, Batanero y Font, 2017). De este trabajo retomamos los constructos para cumplir los objetivos.

En lo que sigue, mencionamos en el apartado 2 un panorama del contenido programático de las diversas asignaturas involucradas. En el apartado 3, los antecedentes, en el apartado 4, las fundamentaciones teóricas. En apartado 5, los aspectos metodológicos y presentamos una actividad con sus criterios. Finalizamos en el apartado 6 con reflexiones sobre la continuidad en esta investigación e investigaciones futuras.

2. Contenido programático

La unidad de aprendizaje de probabilidad se imparte en el tercer nivel de la carrera de ingeniería en telemática. El programa de estudios de la unidad de aprendizaje de probabilidad tiene como objetivo general:

Aplica los conceptos, la metodología y las técnicas que son parte de la teoría de la probabilidad para los problemas que caracterizan a un experimento aleatorio. Además, está dividido en cinco unidades temáticas:

- Espacio muestral.
- Probabilidad.
- Variables aleatorias.
- Esperanzas y el teorema del límite central.
- Funciones generadoras de momentos y procesos aleatorios.

Cada unidad tiene su respectiva competencia específica:

- Aplica las metodologías y propiedades del espacio muestra y del cálculo combinatorio para la medida de la probabilidad en escenarios sencillos.
- Aplica las propiedades de las variables aleatorias en eventos observado
- Clasifica las distribuciones de las variables aleatorias vectoriales o multidimensionales, así como sus propiedades.
- Utiliza el teorema del límite central, como herramienta fundamental de la probabilidad, así como sus aplicaciones.
- Utiliza las propiedades de los parámetros estadísticos y procesos aleatorios.

3. Antecedentes

En la última década del siglo pasado se ha incorporado al currículo de matemáticas el estudio de la probabilidad y la estadística por tratarse de áreas indispensables en la formación de individuos capaces de desenvolverse en un medio de interdependencias sociales, políticas y económicas, precisándose la toma de decisiones, la interpretación gráfica de datos y sus aplicaciones inmediatas (Guisasola y Barragués, 2002). Sin embargo, el estudio de los conceptos en esta área representa obstáculos cognitivos que han sido abordados en diferentes poblaciones estudiantiles y desde diversas aristas.

Para Batanero (2005), los conceptos de fenómeno aleatorio, frecuencia relativa, equiprobabilidad, independencia, entre otros (abordados ampliamente en diferentes investigaciones), representan dificultades de aprendizaje en estudiantes de secundaria.

En el acercamiento de la necesidad de emitir un juicio en situaciones de incertidumbre como consecuencia del azar, las estrategias y mecanismos empleados por los sujetos son documentados por diferentes autores citados por Guisasola y Barragués (2002).

Dificultades cognitivas se presentan en estudiantes universitarios con el uso de la variable aleatoria como soporte de otros conceptos estadísticos y probabilísticos (Ruiz, Albert y Batanero, 2016). En referencia a las heurísticas y sesgos que presentan los estudiantes; Serrano, Batanero, Ortiz y Cañizares (1998), en un trabajo de razonamiento

probabilístico con estudiantes de secundaria presentan respuestas a ocho preguntas de 277 alumnos, analizando la representatividad, sesgo de equiprobabilidad y enfoque en el resultado aislado con el objetivo de evaluar la dependencia entre los tipos de heurística y los sesgos detectados. En este mismo sentido, Guisasola y Barragués (2002), refieren una investigación donde se detectan las concepciones de estudiantes universitarios, cuando tratan de explicar fenómenos aleatorios, consecuentemente agrupan en categorías que dan idea de la progresión del aprendizaje de los alumnos.

En el sentido epistemológico de la probabilidad, la revisión en la literatura muestra, dificultades cognitivas y errores en este razonamiento, donde los sujetos tienen ideas informales y prejuicios en situaciones donde interviene el azar (Ben-Zvi y Garfield, 2004; Brousseau, 2009; Fischbein y Schnarch, 1997; Kahneman, Slovic y Tversky, 1982).

Haciendo referencia a las heurísticas en estudiantes de ingeniería, Acosta y Ruiz (2017), documentaron las heurísticas de representatividad y disponibilidad en 67 estudiantes de ingeniería de los cuales 17 eran de telemática, de una escuela superior perteneciente al Instituto Politécnico Nacional (IPN) en la Ciudad de México. El instrumento constó de una pregunta con ocho posibles respuestas, en dirección a la heurística representatividad. La pregunta fue adaptada al contexto escolar de aplicación y experimentación. Para el análisis se construyeron cinco categorías correspondientes a las respuestas correctas, parcialmente correctas, los sesgos: Insensibilidad a la previsibilidad (SIP) e Ilusión de validez (SIV) y la heurística de disponibilidad (HD) encontrados en las respuestas intuitivas de los estudiantes. Así se ratificaron las intuiciones sesgadas que presentan los alumnos como muestra de sus creencias, aun habiendo hecho señalamientos de los descriptores que aparecen en el problema, el estudiante recurrió al sistema 1 sin analizar referenciando a la teoría de probabilidades ni atender al énfasis que puso el profesor en las preguntas para ser contestadas desde la probabilidad. Los investigadores apuestan en que una mejor comprensión de las heurísticas y de los sesgos a que conducen, mejorará los juicios y decisiones de los sujetos (Kahneman, Slovic y Tversky, 1982).

En otra investigación, Alvarado, Estrella, Retamal y Galindo (2018), evalúan las intuiciones y heurísticas sobre la probabilidad en estudiantes de ingeniería mediante un cuestionario de ocho ítems cerrados, antes de un curso de estadística, analizando los argumentos y sesgos de razonamiento por medio de un ítem abierto, después de desarrollar la unidad de probabilidad del curso de estadística universitario. La muestra estuvo constituida por 257 estudiantes provenientes de escuelas públicas y privadas. Las preguntas que guiaron la investigación: Cómo los estudiantes de ingeniería asignan valores a situaciones de incertidumbre desde sus intuiciones probabilísticas previo a un curso de estadística y qué argumentos utilizan los estudiantes de ingeniería respecto a sus intuiciones y heurísticas sobre probabilidad después de un curso de estadística. Los investigadores comentan después de los resultados obtenidos que para el desarrollo de competencias probabilísticas se requiere de prácticas que vinculen lo intuitivo y lo formal en el nivel universitario y es conveniente incluir en la enseñanza los distintos significados de la probabilidad.

Al haber revisado en distintas aristas las implicaciones del pensamiento estocástico en los sujetos, desde la escuela nivel básico hasta universitario, nos damos cuenta de la importancia del estudio de la probabilidad, que tome en cuenta los hallazgos encontrados en diversas investigaciones como las citadas y apuntar hacia prácticas que

tengan sentido para los estudiantes, teniendo en cuenta sus ambientes tanto culturales como sociales.

4. Fundamentaciones teóricas

En este trabajo, la noción de idoneidad didáctica, la estamos utilizando para el diseño y análisis de situaciones de enseñanza, en la unidad de aprendizaje de probabilidad como una integración interdisciplinar de las unidades de aprendizaje mencionadas en el apartado uno.

Hjalmarson y Lesh (2008) y Lesh y Sriraman (2010) y Wittman (1995), consideran abordar la educación matemática como una ciencia orientada al diseño de procesos y recursos para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. “Nuestra visión del diseño en la investigación educativa se basa, en parte, en las semejanzas y paralelismos entre la educación y la ingeniería como campos que simultáneamente buscan avanzar el conocimiento, resolver problemas humanos, y desarrollar productos para su uso en la práctica” (Hjalmarson y Lesh, 2008, p. 526).

Godino, Bencomo, Font y Wilhelmi (2007) y Godino, Contreras y Font (2006) consideran la noción de idoneidad como punto de partida para una teoría de diseño instruccional que incluya de manera sistémica, las seis dimensiones en los procesos de estudio de las unidades de aprendizaje específicas de cada currículo. La idoneidad didáctica de un proceso de instrucción se integra con la articulación congruente y sistémica de las seis componentes siguientes (Godino, Batanero y Font, 2007).

- Idoneidad epistémica, apunta al grado de representatividad de los significados institucionales implementados, respecto de un significado de referencia.
- Idoneidad cognitiva, habla sobre el grado en que los significados pretendidos e implementados estén en la zona de desarrollo potencial de los alumnos.
- Idoneidad interaccional. Un proceso de enseñanza-aprendizaje tendrá mayor idoneidad desde lo interaccional si las configuraciones y trayectorias didácticas conceden, por una parte, identificar conflictos semióticos potenciales y por otra parte admiten resolver los conflictos que se producen durante el proceso de instrucción.
- Idoneidad mediacional habla del grado de disponibilidad y acondicionamiento de los recursos materiales y temporales necesarios para el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Idoneidad afectiva es el grado de implicación (interés, motivación, ...) de los estudiantes en el proceso de estudio.
- Idoneidad ecológica es el grado en que el proceso de estudio se adapta al proyecto educativo, de la escuela y la sociedad, a los condicionamientos del entorno en que se desarrolla.

Para Godino, Bencomo, Wilhelmi (2006) el logro de una alta idoneidad didáctica de un proceso de estudio, así como su valoración, es un proceso complejo ya que involucra diversas dimensiones que a su vez están estructuradas en distintas componentes. Además, las dimensiones, como los componentes, no se observan directamente por lo que es necesario inferirlos a partir de indicadores empíricos.

5. Aspectos metodológicos

Se aplicó a 30 estudiante de telemática de una unidad profesional de ingeniería del Instituto Politécnico Nacional en la ciudad de México, que estaban cursando cuarto semestre. Una primera aplicación se efectuó en un laboratorio de computación de Telemática con la idea de trabajarla para un primer análisis introduciendo el software MATLAB. El diseño se efectuó bajo los componentes e indicadores de las idoneidades referidas en el apartado 4 de este escrito.

5.1. Objetivo y desarrollo

Hoy en día, los avances tecnológicos que nos ha ofrecido la telemática han sido muy variados y es por ello que el desarrollo de ciencias básicas como la probabilidad (se hace referencia al contenido programático de la carrera) es parte importante de su fundamentación teórica. Problemáticas que surgen en la vida real solo pueden ser resueltas y analizadas por la probabilidad, teniendo como base otras unidades de aprendizaje como álgebra lineal o cálculo de una y varias variables.

El ingeniero debe saber adaptarse y utilizar sus conocimientos adquiridos, así como saber cómo complementarlos y unir varios de estos interdisciplinariamente, como es el caso de esta práctica, donde se llevó a cabo en la unidad de aprendizaje de Probabilidad, utilizando un tema de Teoría de la información con el fin de interrelacionar estos contenidos con unidades de aprendizajes propias de la carrera.

Objetivo

Introducir al estudiante en unidades de aprendizaje propias de su carrera a través de herramientas como el software Matlab modelando problemas tipo en la aplicación de la telemática y la necesidad de la probabilidad para tal fin.

Desarrollo

La práctica lleva por nombre: Cadenas de Markov.

En la introducción planteamos:

En esta práctica plantearemos y estudiaremos un escenario propuesto por C. E. Shannon en su artículo "*A Mathematical Theory of Communication*" para entender la cantidad de información en las fuentes de información mediante el uso de probabilidad, procesos estocásticos y álgebra lineal.

Supongamos que la fuente de información tiene dos símbolos o caracteres 0,1 y se envía el siguiente mensaje

10001101101001011100

Primer análisis. Si suponemos que los valores 0 y 1 se pueden enviar de manera independiente y equiprobable. ¿Cuál es la probabilidad (frecuentista) de que el siguiente resultado sea 0 o 1?

El resultado se obtiene al considerar el conjunto de la cadena de caracteres como nuestro espacio muestral. De esa forma

$$p(0) = \frac{\#(0)}{\#(*)} = \frac{10}{20} = \frac{1}{2} \text{ y } p(1) = \frac{\#(1)}{\#(*)} = \frac{10}{20} = \frac{1}{2}$$

Donde

$\#(0)$ = número de ocurrencias del 0.

$\#(1)$ = número de ocurrencias del 1.

$\#(*)$ = Total de caracteres o número de ocurrencias del 0 y el 1.

Después del primer análisis planteamos la notación y desarrollo de la probabilidad condicional con el supuesto de estacionariedad. Llevando la notación usual de diagrama de árbol en el curso de probabilidad al diagrama de transición usual en las cadenas de Markov.

Segundo análisis. Ahora podemos suponer que los valores 0 y 1 dependen del valor inmediato anterior. De esta manera, el siguiente resultado se convierte en un evento que depende del estado anterior, y podemos representar con un diagrama de árbol.

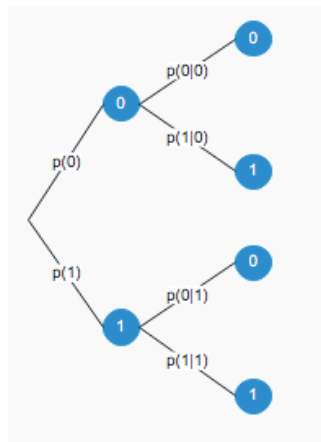


Figura 2. Diagrama de árbol

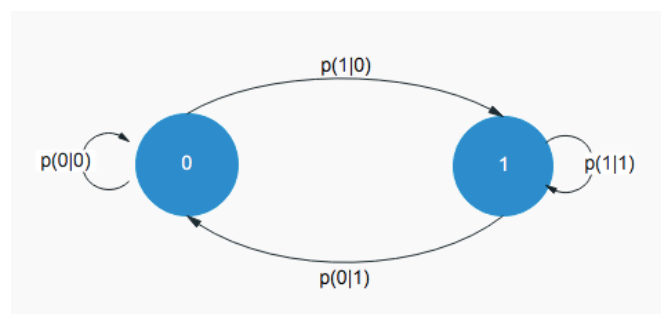


Figura 3. Diagrama de Estados

Al final del desarrollo se resuelve y encuentra el vector estacionario mediante las potencias de la matriz de transición, mencionando la propiedad matricial sobre la existencia del vector de estado estacionario. Se usa MATLAB para comprobar las potencias y se resuelve el sistema de ecuaciones lineales añadiendo la condición sobre los valores de la función de probabilidad.

$$A = \begin{pmatrix} 0.519231 & 0.519231 \\ 0.480769 & 0.480769 \end{pmatrix}$$

Con vector de estado estacionario $\vec{x} = \begin{pmatrix} 0.519231 \\ 0.480769 \end{pmatrix}$

Finalmente se plantea como ejercicio a desarrollar analizando ahora dependencia en los caracteres 00,01,10,11 y suponer un proceso con matriz de transición constante.

5.2. Componentes e indicadores de la idoneidad didáctica.

Particularmente presentamos como ejemplo la idoneidad ecológica (Tabla 1) tomando los indicadores de Godino (2013).

Tabla 1. Componentes e indicadores de idoneidad ecológica

Componentes:	Indicadores:
Adaptación al currículo	- Los contenidos, su implementación y evaluación se corresponden con las directrices curriculares
Apertura hacia la innovación didáctica	- Innovación basada en la investigación y la práctica reflexiva - Integración de nuevas tecnologías (calculadoras, ordenadores, TIC, etc.) en el proyecto educativo
Adaptación socio- profesional y cultural	- Los contenidos contribuyen a la formación socio-profesional de los estudiantes
Educación en valores	- Se contempla la formación en valores democráticos y el pensamiento crítico
Conexiones intra e interdisciplinarias	- Los contenidos se relacionan con otros contenidos intra e interdisciplinarios

Los indicadores se verifican pues para la práctica se tomaron los contenidos de la carrera de Telemática relacionando las unidades de aprendizaje de Probabilidad y Teoría de la información incorporando el uso del software MATLAB. Se tuvo que adaptar el algoritmo para analizar el problema propuesto e implementarlo con el software, utilizando diferentes contextos de representación.

6. Reflexiones

En este siglo se ha gestado un cambio de paradigma en donde actualmente los sistemas educativos privilegian el uso de procesos de modelación matemática, como estrategia en los salones de clase de los diferentes niveles educativos. En México con los aprendizajes clave, desde preescolar hasta secundaria, se reafirma la idea de un trabajo multidisciplinar (conceptos y habilidades aprendidas separadamente en cada disciplina hacia un tema común). En el nivel medio superior en el Instituto Politécnico Nacional se ha migrado al modelo Aula 4.0 y en la educación superior del mismo IPN se está haciendo, donde los grados de integración disciplinar emergen en estos nuevos modelos. Tal es el caso de: multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad.

Además, una expectativa de programas de educación STEM exitosos, se presentan cuando los estudiantes son alentados a hacer nuevas y productivas conexiones entre dos o más de las disciplinas, que puede ser evidenciado en un mejor aprendizaje de los estudiantes, así como en un mayor interés y compromiso. Estos resultados del proceso de aprendizaje requieren que los estudiantes sean competentes con contenido específico de las disciplinas, así como su representación con una fluidez representacional.

Por lo que globalmente la stem-mania se ha puesto de moda, más educadores se han familiarizado con el acrónimo, pero en muchos surgen preguntas, por ejemplo: ¿Por qué la educación STEM es importante? ¿Es para todos los estudiantes o justamente para matemáticas y ciencias orientadas a los estudiantes? ¿Puede mejorar mi enseñanza?. ¿Es justamente un complemento más para el currículo? Definir STEM es la parte fácil, pero implementar STEM en la educación a larga escala es desafiante, parte del problema es la confusión, como podemos observar en el inicio de este párrafo, de qué es STEM.

Por lo anterior consideramos que al integrar la metadisciplina STEM en los cursos de ingeniería es necesario un análisis de diseño de las prácticas escolares, así como un análisis en su implementación. En ese rumbo es que estamos proponiendo tales análisis desde la teoría de la idoneidad didáctica, que trata de interrelacionar las distintas facetas que intervienen en el diseño, implementación y evaluación, de la enseñanza-aprendizaje de las diversas disciplinas en donde las matemáticas se encuentran implícitas y son el eje rector de muchas aplicaciones.

Referencias

- Acosta, F. y Ruiz, E. (2017). Respuestas intuitivas de alumnos de ingeniería, un primer acercamiento al pensamiento rápido en probabilidad. *Latin American Journal of Physics Education 11* (3), 33061-33066.
- Alvarado, H., Estrella, S., Retamal, L. y Galindo, M. (2018). Intuiciones probabilísticas en estudiantes de ingeniería: implicaciones para la enseñanza de la probabilidad. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa 21*(2), 131-156
- Batanero, C. (2005). Significados de la probabilidad en la educación secundaria. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, 8*(3), 247-264.
- Beltrán-Pellicer, P. (2016). *Evaluación de la idoneidad didáctica de una experiencia de enseñanza de azar y probabilidad en tercer curso de ESO*. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Granada.
- Ben-Zvi, D., y Garfield, J. (2004). Statistical literacy, reasoning, and thinking: goals, definitions, and challenges. En D. Ben-Zvi y J. Garfield (eds.), *The challenge and developing statistical literacy, reasoning, and thinking* (pp. 3-15). Netherlands: Kluwer.
- Brousseau, G. (2009). Alternatives en didactique de la statistique. Trabajo presentado en las *41èmes Journées de Statistique*. Bordeaux: SFdS.
- Busso, M., Cristia, J., Hincapié, D., Messina, J. y Ripani, L. (2017). *Aprender mejor. políticas públicas para el desarrollo de habilidades*. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Fischbein, E., y Schnarch, D. (1997). The evolution with age of probabilistic intuitively based misconceptions. *Journal for Research in Mathematics Education, 28*(1), 96-105.
- Hjalmarsen, M. A. y Lesh, R. (2008). Design research. Engineering, systems, products, and processes for innovation. En L. D. English (Ed.), *Handbook of international research in mathematics education* (pp. 520-534). New York: Routledge.
- Guisasola, J. y Barragués, J. I. (2002). Heurísticas y sesgos de los estudiantes de primer ciclo de universidad en la resolución de problemas de probabilidad. *Enseñanza de las Ciencias 20*, 285-302.
- Godino, J. (2013). Componentes e indicadores de idoneidad de programas de formación de profesores en didáctica de las matemáticas. *Revemat, 8*(1), 46-74.
- Godino, J. D. Batanero, C. y Font, V. (2007). The onto-semiotic approach to research in mathematics education. *ZDM. The International Journal on Mathematics Education, 39* (1-2), 127-135.
- Godino, J. D., Bencomo, D., Font, V. y Wilhelmi, M. R. (2006). Análisis y valoración de la idoneidad didáctica de procesos de estudio de las matemáticas. *Paradigma, XXVII* (2), 221-252.
- Godino, J., Giacomone, B., Batanero, C. y Font, V. (2017). Enfoque ontosemiótico de

- los conocimientos y competencias del profesor de matemáticas. *Bolema*, 31(57), 90-113.
- Kahneman, D. (2012). *Pensar rápido, pensar despacio*. España: Debate.
- Kahneman, D., Slovic, P., y Tversky, A. (1982). *Judgment under uncertainty: heuristics and biases*. New York: Cambridge University Press.
- Lesh, R. y Sriraman, B. (2010). Re-conceptualizing mathematics education as a design science. En B. Sriraman y L. English (Eds.), *Theories of mathematics education. Seeing new frontiers*. (pp. 123-146). Heidelberg: Springer.
- Ruiz, B., Albert, J. y Batanero, C. An exploratory study of student's difficulties with random variables. En A. Rossman y B. Chance (Eds.). *Proceedings of the Seventh International Conference on Teaching Statistics*: Lubjana: International Association for Statistical Education.
- Serrano, L., Batanero, C., Ortíz, J. y Cañizares, J. (1998). Heurísticas y sesgos en el razonamiento probabilístico de los estudiantes de secundaria, *Educación Matemática* 10, 7-25.
- Vasquez, J., Sneider, C. y Corner, M. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3-8: Integrating science, technology, engineering and mathematics*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Wittman, E. C. (1995). Mathematics education as a design science". *Educational Studies in Mathematics*, 29(4), 355-374.