

UN ESTUDIO EXPLORATORIO DE LAS TENDENCIAS DE PENSAMIENTO PROBABILÍSTICO DE LOS ESTUDIANTES DEL PROFESORADO DE BIOLOGÍA

AN EXPLORATORY STUDY ABOUT TRENDS OF PROBABILISTIC THINKING ON STUDENTS OF BIOLOGY PROGRAMS

Moreno, A. ⁽¹⁾, **Cardeñoso, J.M.** ⁽²⁾, **González, F.** ⁽³⁾

Universidad Nacional de Cuyo, Argentina ⁽¹⁾,

Universidad de Cádiz ⁽²⁾,

Universidad de Granada ⁽³⁾

Resumen

En este trabajo presentamos los resultados de un estudio exploratorio descriptivo sobre las tendencias de pensamiento probabilístico de los 325 estudiantes de los profesorados de biología de la provincia de Mendoza, Argentina. Se aplicó un cuestionario que consta de 24 ítems destinados al reconocimiento de la aleatoriedad y a la estimación de la probabilidad. A las respuestas del cuestionario le aplicamos técnicas estadísticas univariadas y multivariadas, encontrándose cuatro tendencias de pensamiento probabilístico independientes del nivel académico y dedependientes la edad de los estudiantes.

Abstract

We present the results of an exploratory study about trends of probabilistic thinking on 325 students from biology professorships in the province of Mendoza, Argentina.

We used a questionnaire consisting of 24 items on the recognition of randomness and estimate of the probability. Univariate and multivariate statistical techniques were applied to questionnaire responses. As a result, four trends of probabilistic thinking were found, which were independent of the academic level and the student age-dependent.

Palabras clave: *Pensamiento probabilístico, reconocimiento de la aleatoriedad, estimación de la probabilidad, tendencias de pensamiento, estudiantes de biología.*

Key words: *Probabilistic thinking, recognition of randomness, probability estimate, trends of thought, biology students.*

Introducción

Actualmente en la provincia de Mendoza, los institutos de formación docente se encuentran transitando un proceso de transformación curricular, según las Resoluciones n° 654/2011 de la Dirección General de Escuelas (D.G.E., 2011), Gobierno de la provincia de Mendoza; originado por los resultados poco satisfactorios de la escuela secundaria. Se espera que con estos diseños se experimenten cambios sustanciales, que suponemos contribuirán a la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje en el nivel superior, y en consecuencia en secundaria. Una de las asignaturas de este diseño es Bioestadística, la que plantea como expectativa de logro “*Reconocer e interpretar los modelos de probabilidad en situaciones propias de la Biología que requieran su modelización*”. Como protagonistas de esta transformación, nuestra finalidad es precisamente la mejora de la enseñanza de la probabilidad, ya que constituye el cimiento sobre el que se construyen los restantes contenidos de la bioestadística.

Sabemos que el estudiante de biología necesita de unos sólidos conocimientos en esta disciplina para aplicar modelos probabilísticos en contextos propios de la biología (Carrillo, Sanhueza, Manzi, 2011). Por otra parte, en muchas ocasiones se ha dicho que una de las mayores dificultades de los estudiantes en el aprendizaje de la probabilidad y la estadística reside en el aprendizaje significativo de los conceptos acerca del azar (Azcárate, 1996; Borovcnik y Peard, 1996). Por lo expuesto, el presente trabajo se propone determinar las tendencias de pensamiento probabilístico de los estudiantes del profesorado de Biología, para poder incidir en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la probabilidad con estrategias adecuadas a cada una de las tendencias encontradas.

Antecedentes

En relación con las concepciones probabilísticas de estudiantes y profesores

Las dos investigaciones que hemos tomado como antecedentes para el presente estudio se pueden encontrar en la tesis doctoral de Azcárate (1996), Azcárate, Cardeñoso, Porlan (1998) y en la de Cardeñoso (1998). Es Azcárate quien realiza su investigación desde la reflexión teórica tanto epistemológica como psicológica y didáctica; y a partir de los resultados obtenidos, ha podido encontrar evidencia exploratoria de cuatro tendencias de pensamiento: Concepción No Probabilística; Concepción Probabilística Intuitiva; Concepción Probabilística Emergente; Concepción Normativa. Y por su parte, Cardeñoso (1998) realiza su investigación de corte cuantitativo, con 598 profesores de primaria en activo, y encontró-estabilizó cinco tendencias de pensamiento probabilístico, que se han utilizado como base de nuestro sistema de análisis de las argumentaciones recogidas en nuestro estudio:

- ✓ La Concepción Determinista que niega la existencia del azar, aunque tiene una buena capacidad calculística, lo cual le permite tratar el azar en términos de probabilidades, aunque cuando hace esto, afirma que “ya no es azar, porque si hay una regla ya son matemáticas”. Cuando no puede responder a la evidencia de la incertidumbre, lo califica de excepcional. Como para el determinismo el azar sólo puede ser epistemológico, considera preferibles las teorías científicas de las que se desprenden leyes en las que no tiene cabida el azar.
- ✓ La Concepción Causal que acepta el azar como “excepción a la regla” de la ley determinista o en ausencia de información para generar dicha ley científica, usa el azar como variable a controlar, personalmente incluso, afirmando que el

“saca casi siempre cruz al lanzar una moneda al aire”, por ejemplo. Sus explicaciones para las cuestiones imprevisibles, está relacionada con la vieja concepción helena de las “cadenas causales”. Bajo el punto de vista del cientifismo clásico un evento era aparentemente aleatorio cuando no podía establecerse o controlarse su causa. También se podía asimilar a la ignorancia, como decía Laplace.

- ✓ La Concepción Personalista, también como las anteriores de corte pre-indeterministas; aunque el azar y lo indeterminado son cuestiones de carácter mágico o fenomenológico, esotérico, cabalístico, o una cuestión del destino o de casualidades como razón de los sucesos fortuitos. También se encuentran en este grupo sujetos que usan indebidamente ciertos “lugares comunes sobre lo indeterminado” o que usando los heurísticos para emitir juicios probabilísticos sobre un fenómeno o suceso, cayendo en los sesgos documentados en la literatura al uso.
- ✓ La Concepción llamada de Incertidumbre que reconoce la existencia de lo incierto de la vida, pero se queda prisionero en el proceso de reconocer la existencia de fenómenos azarosos y sucesos aleatorios, como si estuviera luchando para conseguir la conservación de esta atribución de los fenómenos. Utiliza las llamadas intuiciones primarias sobre los fenómenos y sucesos imprevisibles, como herramienta cognitiva para concebir la probabilidad como el grado de verosimilitud en que las condiciones iniciales, favorecen la realización de un suceso.
- ✓ Concepción Contingente, caracteriza a los sujetos que discriminan los muchos fenómenos aleatorios y supeditan lo real a lo posible. No solo busca saber que ocurre, sino también conocer las causas que originan la variación de lo esperado respecto a lo posible. Estiman la probabilidad por medio de estrategias de estructura aditiva, construyendo relaciones entre lo favorable y lo desfavorable, que es lo que Nagel (1979) llama “contingencia” de un fenómeno.

En una línea similar podemos nombrar el trabajo de Arteaga, Batanero y Ruiz (2010), que estudian también las percepciones de un grupo de profesores de primaria sobre la aleatoriedad. Los datos se recogieron a través del desarrollo de un proyecto estadístico y de la elaboración de un informe final donde recogían sus conclusiones.

Los resultados muestran una buena percepción en los valores esperados pero un bajo reconocimiento de la variación e independencia de las secuencias aleatorias, lo cual según los autores incide en la necesidad de una mayor formación de docentes en este ámbito matemático (Batanero y otros, 2010).

Metodología

El instrumento que se aplicó consta de doce ítems tendientes al reconocimiento de la aleatoriedad, en cada uno de ellos el estudiante debe afirmar o negar la aleatoriedad del suceso y luego argumentar su elección, lo que hace seleccionando una de tres opciones dadas ó indicando por escrito el argumento que sustenta su elección.

Además, consta de otros doce ítems en los que debe estimar la probabilidad de un suceso en una escala ordinal; eligiendo una de tres cotas: baja, media y alta; y luego de la misma forma que en los ítems anteriores, debe argumentar su elección eligiendo una de cuatro opciones ó indicando por escrito su argumento.

El instrumento se aplicó a la población de estudiantes de los profesorados de biología de primero a cuarto año de la provincia de Mendoza. El tamaño de la población es de 325 estudiantes. De los estudiantes que respondieron el cuestionario algunos habían cursado y aprobado "Bioestadística" y otros no, sin correlación con los resultados.

El cuestionario fue pasado por uno de los investigadores bajo condiciones de examen, es decir, sin comunicarse entre ellos, y contaron con el tiempo que necesitaron para completarlo. En general, los estudiantes no mostraron problemas para entender los enunciados de los diferentes ítems. Se efectuó un análisis descriptivo de los resultados obtenidos en cada uno de los ítems, se determinó el índice de dificultad y el índice de discriminación de los ítems, se realizó el análisis de conglomerados, el análisis discriminante; y el test de independencia entre distintos pares de variables. A continuación mostramos a modo de ejemplo, dos ítems.

Ítem 1) Acertar el número que muestra un dado ya lanzado, pero que no puedo ver es un suceso ...

aleatorio no aleatorio

1. porque puedo acertar o no acertar, no lo puedes prever.
2. porque acertar entre tantos números posibles es muy difícil.
3. porque no puedo controlar la posición del dado al caer.
4. porque, según mi opinión.....
.....

Ítem 2).-La confianza que tengo en que el próximo sismo que ocurra en Mendoza, sea un sismo destructivo es...

baja media alta

1. porque es igualmente posible que un sismo sea destructivo o que no lo sea.
2. porque las estadísticas indican que esa es la frecuencia con que se produce un sismo destructivo.
3. porque comparo las intensidades de los sismos que determinan que sea destructivo o no.
4. porque según la información de la estación sismológica por cada 10.000 sismos, 155 son destructivos.
5. porque, según mi opinión.....
.....

Resultados

Análisis de los ítems relativos al reconocimiento de la aleatoriedad

El 70,18% de los estudiantes reconocen la aleatoriedad de los sucesos, mientras que el 28,56% no lo hace y sólo un 1,26% no contesta. En sus argumentaciones prefieren usar en primer lugar la incertidumbre, argumentación que alcanza un 40,05%, en segundo lugar la causalidad con un 33,13% y luego la multiplicidad con un 21%. Sin embargo, es más informativo saber que argumentaciones usan cuando reconoce la aleatoriedad y cuando no la reconoce. Si reconoce la aleatoriedad, el 31,64% argumenta desde la incertidumbre, en segundo lugar, el 19,44% usa la causalidad y el 16,08% la multiplicidad. Mientras que cuando no reconocen la aleatoriedad, el 13,44% argumenta desde la causalidad. Por otra parte, el test de independencia aplicado a cada ítem reveló que el reconocimiento de la aleatoriedad es independiente del nivel académico de los estudiantes; como así también de la edad de los estudiantes.

Análisis de los ítems relativos a la asignación de probabilidades

Cuando estiman la probabilidad usando la escala ordinal: baja, media y alta; se destaca el uso del nivel de confianza “medio”, cota que es usada por el 48,38% de los estudiantes; el 26,31% usan la cota alta y el 24,08% la baja. Cuando argumentan su elección lo hacen fundamentalmente a través de tres categorías; la equiprobabilidad con un 38,61%, seguida por la contingencia con un 25,23% y la frecuencial con un 21,08%.

Análisis de Independencia

Se aplicó en cada uno de los ítems el test de independencia entre el reconocimiento de la aleatoriedad y la edad de los estudiantes (Moreno, Cardeñoso, González, 2011), se prueba la independencia entre las variables (Tabla 1), ocurriendo lo mismo con el nivel académico de los estudiantes, excepto para el ítem 7 (Tabla 2), como lo indican los valores p.

Ítems	2	3	5	7	8	13	14	15	20	21	23	24
Chi-cuadrado	9,291	10,259	7,098	8,813	11,393	5,234	4,710	9,796	6,666	4,320	9,228	11,579
Valor p	0,505	0,418	0,716	0,550	0,328	0,875	0,910	0,459	0,757	0,932	0,511	0,314

Tabla 1 Test de Independencia para el “reconocimiento de la aleatoriedad” y “edad del estudiante”

Ítems	2	3	5	7	8	13	14	15	20	21	23	24
Chi-cuadrado	7,584	10,275	4,518	16,355	2,091	6,081	9,923	5,976	5,508	11,957	8,081	7,584
Valor p	0,270	0,114	0,607	0,012	0,911	0,414	0,128	0,426	0,481	0,063	0,232	0,270

Tabla 2 Test de Independencia para el “reconocimiento de la aleatoriedad” y “nivel académico del estudiante”

Análisis de Clusters y Análisis Discriminante

Para el análisis de clusters se aplicó de manera exploratoria el método de aglomeración de Ward con la distancia coeficiente de Phi, para determinar únicamente el número de clusters, obteniéndose cinco grupos. El criterio que se usó para trazar la línea de corte fue el 50% de la distancia máxima (Figura 1), posteriormente se aplicó el método de partición de las K-Medias para conocer la conformación de los cinco grupos, como recomienda Catena, Ramos y Trujillo (2003). En una segunda etapa, el análisis discriminante corroboró la clasificación anterior y reveló que el 96,6% de los estudiantes habían sido clasificados correctamente.

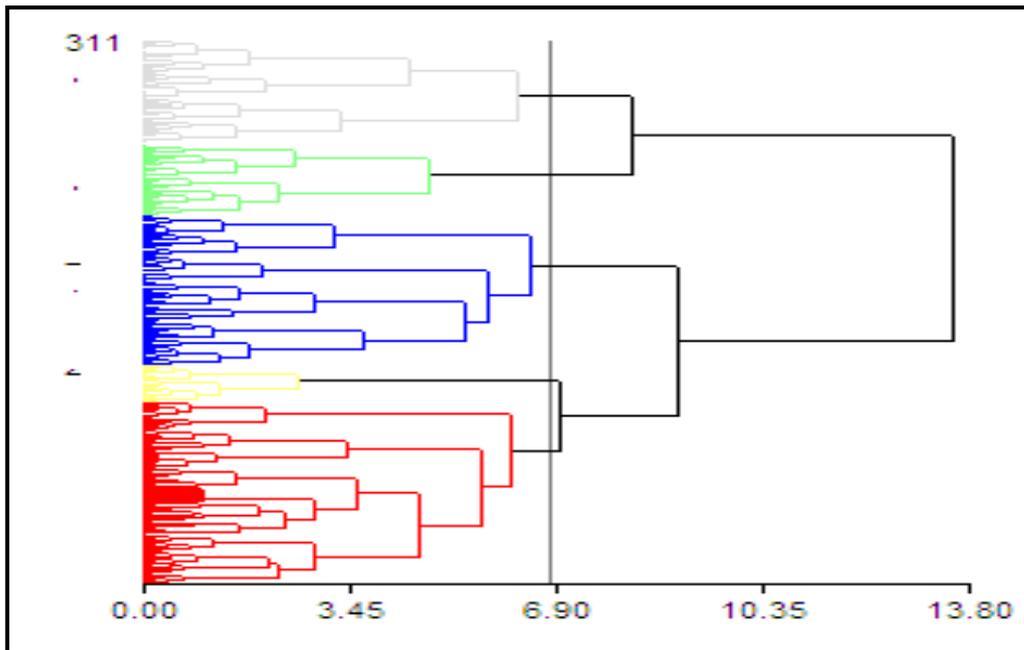


Figura 1 Dendrograma del análisis de clusters

Grupo 1: Determinista

Este grupo está formado por 48 estudiantes, representa el 14,77% de los estudiantes encuestados. Es el cuarto grupo en importancia numérica. Hay un predominio de estudiantes de primer año en relación con los otros cursos. Es bastante heterogéneo respecto de la edad. Alcanza el menor reconocimiento de la aleatoriedad, en promedio el 65,2% de los estudiantes no reconocen los sucesos aleatorios, argumentando desde la incertidumbre y la causalidad. Cuando reconoce la aleatoriedad lo hace desde la causalidad y la incertidumbre por lo tanto la argumentación más usada es la Incertidumbre, resultando ser un grupo contradictorio porque usa la incertidumbre tanto para afirmar como para negar la aleatoriedad aunque fundamentalmente sea para negar.

Grupo 2: Contingencia

Es el grupo más numeroso, aglutina a 102 estudiantes, que representa al 31,38% del total de estudiantes encuestados. Se destaca por la presencia de estudiantes de cuarto año. Logra un alto reconocimiento de la aleatoriedad, en promedio el 81,21% de los estudiantes reconoce los fenómenos aleatorios. Cuando reconoce la aleatoriedad, usa fundamentalmente la incertidumbre y en segundo lugar la causalidad. Es el que más usa estrategia de la contingencia (33,00%) y la frecuencial (19,20%) en la estimación de la probabilidad.

Grupo 3: Incertidumbre

Es el segundo grupo en importancia numérica, está constituido por 88 estudiantes (27,08%). La proporción de estudiantes de cada uno de los niveles académicos es aproximadamente la misma. Se caracteriza por ser el que logra el mayor porcentaje de reconocimiento de la aleatoriedad (82,48%); argumentando desde la incertidumbre y desde la multiplicidad. Este grupo es el que más usa la incertidumbre, lo que motivó la denominación del grupo. En cuanto a la estimación de la probabilidad, se destaca por el uso máximo de equiprobabilidad.

Grupo 4: Causalidad

Este grupo representa al 25,85% (84) del total de los estudiantes. La proporción de estudiantes de cada uno de los niveles académicos es aproximadamente el mismo en cada uno de los grupos. Es el tercer grupo en el reconocimiento de la aleatoriedad (65,77%). Es el que hace el mayor uso de la causalidad (38,09%) tanto para afirmar como para negar la aleatoriedad. Es el que más usa la categoría laplaciana para estimar la probabilidad (25,01%).

Grupo 5: Personalista

Es el grupo formado por tres estudiantes, uno de cada uno de los tres primeros cursos, representa sólo el 0,92%. Al ser un grupo tan reducido no lo podemos considerar representativo de una determinada tipología de pensamiento probabilístico. En cuanto las edades varían entre 29 y 40 años. Estos estudiantes usan fundamentalmente la subjetividad para identificar sucesos aleatorios y la categoría experiencial para estimar la probabilidad.

Discusión y conclusiones

Los estudiantes para profesorados de biología de la provincia de Mendoza estudiados tienen unas concepciones probabilísticas que son independientes del nivel académico y de la edad de los mismos. Hemos encontrado cuatro tendencias de pensamiento probabilístico.

La primera, que es la que se corresponde con el grupo que hemos llamado “**Determinista**”; se caracteriza por un bajo porcentaje de reconocimiento de situaciones aleatorias; problema asociado a la falta de conocimiento del significado del término “aleatorio”, afirmación que surge al detectar que argumentan la aleatoriedad de la misma forma que la no aleatoriedad.

La segunda tendencia, está representada por el grupo que hemos denominado “**Contingencia**”; es el más número, logra el reconocimiento de variadas situaciones inciertas que están presentes en el mundo real y al percatarse de la existencia de la multiplicidad de resultados diferentes que pueden ocurrir en presencia de lo aleatorio, usando la estrategia ponderar aditivamente estos resultados, para estimar la probabilidad.

En tercer lugar, encontramos la tendencia de pensamiento representada por el grupo que hemos denominado “**Incertidumbre**”, es el que más situaciones aleatorias identifica, tiene una visión del mundo caracterizada por la presencia de lo imprevisible, lo incierto; pero cuando estima la probabilidad se basa en la equiprobabilidad de los sucesos reafirmando la idea de lo imprevisible.

La cuarta tendencia representada por el grupo que hemos denominado “**Causalidad**”, caracterizado por fundamentar sus argumentos desde la causalidad ya sea aleatorios o no. Poseen una visión causal del mundo real, buscan siempre las causas que producen los fenómenos, y si no las encuentran fundamentan su opinión en la falta de conocimiento.

Las cuatro tendencias encontradas en este trabajo coinciden con cuatro de las cinco que obtuvo Cardeñoso (1998) en su investigación, entendiéndose que la diferencia de sujetos encuestados 325 frente a 598, puede ser la causa de que no cobre entidad el grupo llamado “**Personalista**”, aunque nos gustaría concluir que es la formación de los estudiantes la que origina su desaparición, ya que esta tendencia de pensamiento reúne

las visiones más desestructuradas y subjetivas, respecto al reconocimiento de la aleatoriedad y la estimación probabilística.

Estas tendencias de pensamiento ponen de manifiesto la existencia de creencias y concepciones que son el producto de experiencias personales y como dice Lysoe (2008) se adquieren durante el desarrollo de su lengua, en la etapa del crecimiento. Una manera de transformar esas intuiciones primarias en secundarias; puede ser mediante entrevistas guiadas, en las que en ocasiones, se va revelando la existencia de verdaderos juicios heurísticos; y únicamente desafiando estas intuiciones se podrá alcanzar un pensamiento probabilístico.

Los resultados que hemos encontrado se corresponden con los detectados por Batanero (2009) y Batanero y otros (2010) en estudiantes del Profesorado de primaria. Por otra parte, sería muy conveniente prestar atención a lo que expresa Ives (2006), quien propone poner en práctica el método de cambio conceptual, en el que adquieren relevancia los conocimientos previos de los estudiantes y sus experiencias (Contreras, y otros, 2011). El método de cambio conceptual debería aplicarse para hacer frente a las concepciones erróneas de la probabilidad (Tversky y Kahneman, 1974); y como indica Ives (2007) queda pendiente indagar acerca de qué experiencias concretas se deberían fomentar en el profesorado para lograr una mayor comprensión de la aleatoriedad.

Referencias bibliográficas

- Azcárate, P. (1996). *Estudio de las concepciones disciplinares de futuros profesores de Primaria en torno a las las nociones de Aleatoriedad y Probabilidad*. Granada: Comares.
- Azcárate, P., Cardeñoso, J. M. y Porlán, R. (1998) Concepciones de futuros profesores de primaria sobre la noción de aleatoriedad. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 85-97.
- Arteaga, P., Batanero, C. y Ruiz, B. (2010). Pre-service primary school teachers' perception of randomness. En M. Pinto y T. Kawasaki (Eds). *Proceedings of the XXXI Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics* (V2, 183-190). Belo Horizonte, Brasil.
- Batanero, C. (2009). Los retos para la formación estadística de los profesores. *Actas II Encontro de Probabilidade e Estatística na scola*. Braga: Univ. Minho, Portugal
- Batanero, C.; Arteaga, P.; Ruiz, B. y Roa, R. (2010). [Assessing pre-service teachers' conceptions of randomness through project work](#). In C. Reading (Ed.). *Proceedings of the Eight International Conference for Teaching Statistics*. Ljubljana: IASE.
- Borovcnick, M. y Peard, R. (1996). Probability. En A. Bishop et al. (Eds): *International handbook of mathematics education* (239-288). Netherlands, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Carrillo, M. F.; Sanhueza, S. y Manzi, E. F. (2011). Concepciones de los estudiantes para profesor de Matemáticas sobre las competencias profesionales implicadas en la enseñanza de la Estadística. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*. 13 (2), 113-129.
- Catena, A., Ramos; M. M. y Trujillo, H. M. (2003). *Análisis Multivariado. Un manual para investigadores*. Madrid: Ed. Biblioteca Nueva.

- Contreras, J. M., Díaz, C., Batanero, C. y Ortiz, J. J. (2011). [Razonamiento probabilístico de profesores y su evolución en un taller formativo](#). *Educação Matemática e Pesquisa*, 12 (2), 181-198.
- Cardeñoso, J. M. (1998). *Las creencias y conocimientos de los profesores de primaria andaluces sobre la Matemática escolar. Modelización de conceptos sobre la aleatoriedad y probabilidad*. Tesis doctoral. Univ. Cádiz. (2001, Serv. Public. UCA).
- D.G.E. (2011). *Resolución 655/2011 Dirección General de Escuelas. Dirección de Educación Superior. Gobierno de la provincia de Mendoza*.
- Ives, S. (2006). The conceptual chance teaching method & preservice teachers' understanding of probability. *Probability and Statistics*. 2, 251-253.
- Ives, S. (2007). The Relationship between Preservice Teachers' Conceptions of Randomness and their Pedagogical Content Knowledge of Probability. *Ninth International Conference Mathematics Education in a global community. The Mathematics Education into the 21st Century Project*.
- Lysoe, K. O. (2008). Strengths and Limitations of Informal Conceptions in Introductory Probability Courses for Future Lower Secondary Teachers. *11th International Congress on Mathematical Education*. Monterrey. México: ICME 11.
- Moreno, A., Cardeñoso, J. M. y González, F. (2011). Las argumentaciones de los estudiantes en el reconocimiento de la aleatoriedad. *Actas Segundo Congreso Internacional de Educación en Ciencia y Tecnología*. Univ. Nacional Catamarca. Argentina.
- Nagel, E. (1979). Significado de la probabilidad. En J. R. Newman (Comp.), *Enciclopedia Sigma: el mundo de las matemáticas*, Vol. 3. Barcelona. Grijalbo.
- Tversky, A. y Kahneman, D. (1974). Judgement under uncertainty: Heuristics and biases. En *Science*, 185, (124-131).