

LA ENSEÑANZA DE LA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN CON ANALOGÍAS

Dolores FRÍAS-NAVARRO

Facultad de Psicología

Departamento de Metodología de las Ciencias del Comportamiento

Universidad de Valencia

Resumen

La analogía es una herramienta cognitiva muy útil para facilitar el descubrimiento y el aprendizaje de nuevos conceptos a través del conocimiento que ya posee el sujeto. En nuestro trabajo se utiliza la analogía para la enseñanza del proceso de decisión estadística y los errores estadísticos (error de Tipo I y error de Tipo II) desde la perspectiva del pensamiento analógico. El uso de la analogía es una estrategia que permite facilitar la presentación y enseñanza de cuestiones que son percibidas por los estudiantes con ciertas expectativas negativas que dificultan desde el comienzo el proceso de Enseñanza-Aprendizaje. Uno de los aspectos más difíciles de la enseñanza de la metodología y el proceso de diseño de investigación es motivar a los alumnos para que desarrollen un pensamiento estadístico. Conceptos como hipótesis nula, hipótesis alternativa, intervalos de confianza, prueba estadística o distribuciones de muestreo son abstracciones para los estudiantes que no logran integrar en su formación académica. El objetivo de nuestro trabajo es trabajar las cuestiones del contraste de hipótesis estadísticas con la analogía del proceso de un juicio donde la presunción de inocencia se vincula con la verdad de la hipótesis nula como inicio del proceso de decisión estadística.

Palabras Clave: *metodología, diseño, contraste de hipótesis, analogía, juicio, decisión estadística, pensamiento estadístico*

1. Introducción

El uso de las analogías en la enseñanza de conceptos estadísticos no es una idea nueva. La comparación entre el proceso de decisión estadística y el proceso del veredicto de un juicio ya fue desarrollado por Feinberg [1] para describir los errores estadísticos de Tipo I y de Tipo II. Posteriormente Bangdiwala [2] amplió la analogía entre el procedimiento de significación de la hipótesis nula y el sistema judicial. La comparación entre ambos procesos también se presenta en un gran número de manuales de estadística y análisis de datos [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9].

La investigación sobre la eficacia de la analogía como herramienta cognitiva [10] y más específicamente como apoyo en la enseñanza de las matemáticas, la probabilidad o la estadística presenta resultados satisfactorios [11] [12] [13]. La principal ventaja de trabajar con analogías reside en el conocimiento que ya tiene el alumno sobre situaciones de la vida real que debe relacionar con conceptos abstractos que serán integrados en su pensamiento estadístico.

El aprendizaje del proceso de decisión estadística es uno de los más problemáticos para el estudiante e incluso para los docentes y los profesionales [14] [15]. El razonamiento que subyace a la prueba de hipótesis estadística utiliza un lenguaje que resulta abstracto, diferente y alejado de cualquier decisión que el sujeto pueda tomar en su vida diaria. La presentación por parte del docente del procedimiento de significación estadística con un acto conocido por todos como es la decisión de un jurado ante un acusado resulta altamente motivadora para el alumno. Descubrir la analogía supone atrapar el sentido de conceptos abstractos que facilitan el desarrollo del pensamiento estadístico. Errores como 'aceptar' la hipótesis nula o declarar su certeza cuando se mantiene la hipótesis nula son fácilmente comparados con la declaración de no culpable (nunca inocente).

1.1 Analogía entre la decisión del jurado y la decisión del contraste estadístico

En la docencia de la asignatura de *Métodos y Diseños de Investigación* utilizamos la analogía entre la decisión del jurado en un juicio y el proceso de decisión estadística. El objetivo es ofrecer una comparación con un modelo de decisión que todos conocemos aunque sea por las películas o los documentales. Se utiliza como ejemplo de comparación la clásica película de Billy Wilder "Testigo de Cargo" (1957, *Witness for the Prosecution*) donde un afable personaje, Leonard Vole, es acusado del asesinato de una rica dama, la señora French, con quien mantenía una relación de carácter amistoso. El posible móvil del crimen es la herencia de una importante cantidad de dinero de la difunta. A pesar de que las pruebas en su contra son demoledoras, el prestigioso abogado criminalista de Londres Sir Wilfrid Roberts acepta su defensa al creer en su inocencia. Resulta imprescindible que el alumno haga un visionado completo de la película especialmente del final de la película para abordar con conocimiento la analogía con el proceso de decisión estadística.

En un juicio con jurado el investigador actúa como el fiscal o como acusación particular y son los miembros del jurado y el juez los encargados de evaluar la calidad de la evidencia aportada por el investigador. En el proceso de investigación científica [16], la calidad de la evidencia aportada por un estudio es evaluada por otros investigadores, los denominados revisores de las revistas, los editores o los mismos lectores.

Antes de iniciar un juicio es necesario que el juez valore que existe suficiente evidencia preliminar que incrimina al acusado (hipótesis alternativa) y por ello es necesario iniciar un juicio (proceso de decisión estadística). La hipótesis alternativa es la razón por la que se arresta al acusado. Por ejemplo, para permitir una orden de arresto, el juez debe encontrar que hay una causa probable de que la persona ha cometido un crimen. Del mismo modo, para que un policía arreste a un individuo sin una orden judicial deberá existir una causa razonable para creer que un crimen es inminente o que se acaba de cometer. En el proceso de investigación científica se parte de una necesidad de conocimiento unida a una hipótesis teórica o sustantiva (generalmente vinculada a la hipótesis alternativa) que inicia el proceso de diseño estadístico.

Todo proceso judicial comienza con la asunción de que el acusado es inocente hasta que se demuestre lo contrario (en el proceso de decisión estadística se asume que la hipótesis nula es cierta). Desde la fiscalía o desde la acusación particular se aportarán todas las pruebas que se encuentren durante el desarrollo del juicio y tengan calidad para demostrar que el acusado es culpable más allá de toda duda razonable (siempre podrán existir explicaciones o hipótesis alternativas pero serán muy improbables). Al final del juicio, el jurado y el juez tomarán una decisión: el acusado es No Culpable o el acusado es Culpable (ver tabla 1). Téngase en cuenta que se parte de que en un juicio nunca se concluye que el acusado es inocente, el veredicto es No Culpable. Es decir, no se han encontrado pruebas de suficiente calidad para poder declararlo culpable. En un proceso de decisión estadística nunca se concluye que la hipótesis nula es cierta, sólo se mantiene dicha hipótesis dado que hasta el momento la evidencia encontrada no permite rechazarla.

Tabla 1. Sentencia y condición del acusado

Sentencia del juez	Condición real del acusado	
	Inocente	Culpable
No Culpable	Decisión correcta	Decisión incorrecta
Culpable	Decisión incorrecta	Decisión correcta

Por lo tanto, si las pruebas aportadas en el juicio no son suficientes para probar la culpabilidad más allá de una duda razonable entonces el acusado será declarado No Culpable (se mantiene la hipótesis nula). El acusado es declarado Culpable (se rechaza la hipótesis nula) cuando hay suficiente evidencia para probar su culpabilidad más allá de una duda razonable. En este caso, se puede apelar el veredicto.

El proceso de investigación científica se inicia porque previamente existe una justificación teórica que ha provocado una hipótesis sustantiva de investigación que desea ser contrastadas con un rigor metodológico (muestreo adecuado, planificación de la potencia estadística, elección del diseño). Hipótesis teórica que se representa bajo la hipótesis alternativa. Inicialmente, en el

proceso de decisión estadística la hipótesis nula se asume como cierta (presunción de inocencia del acusado) hasta que se demuestre su falsedad (su rechazo) más allá de una duda razonable (margen de error de Tipo I).

En el proceso judicial y en el de decisión estadística no es posible probar la verdad de forma absoluta o con total certeza. En el juicio el criterio de decisión es “una duda razonable”. Si hay una duda razonable sobre la culpabilidad del acusado entonces será declarado no culpable. Pero si hay evidencia que señala su culpabilidad más allá de una duda razonable entonces el acusado será declarado culpable. En el proceso de decisión estadística la hipótesis nula se mantiene como principio mientras no exista una duda razonable de su falsedad. Es decir, se asume como principio que la causa del efecto detectado en los datos es la variabilidad aleatoria y no la causa que está siendo investigada por el investigador. El criterio para cambiar de decisión se fija con el nivel de alfa o probabilidad de Error de Tipo I. Por lo tanto, el ‘más allá de una duda razonable’ viene marcado por la probabilidad de aceptar como verdadera la hipótesis alternativa cuando no lo sea (hipótesis nula cierta) con un margen de error del 5% si se trabaja con alfa de 0.05. Es decir, obtener un resultado estadísticamente significativo indica que se ha encontrado suficiente evidencia para probar que la hipótesis nula no es verdadera más allá de una duda razonable (5% o 1%), proporcionando apoyo a la hipótesis alternativa. Un resultado estadísticamente no significativo puede estar provocado por la falta de potencia estadística. Quizás el fiscal no encontró las mejores pruebas o las pruebas más contundentes para declarar culpable al acusado.

Por lo tanto, el acusado puede ser declarado Inocente o Culpable; la hipótesis nula puede ser que se Mantenga o se Rechace. La hipótesis alternativa refleja que el acusado es culpable y supone rechazar el modelo de la hipótesis nula y como consecuencia aceptar la hipótesis alternativa. Y esto es una decisión que sólo puede tomarse en función de la evidencia encontrada gracias al diseño de investigación y la validez de los hallazgos. El jurado sólo podrá declarar culpable al acusado cuando haya suficiente evidencia o pruebas de calidad que apoyen su culpabilidad.

Lamentablemente ni el sistema judicial ni la decisión estadística son perfectos. Un jurado puede declarar Culpable a un inocente (ver tabla 1) o una decisión estadística puede implicar rechazar la hipótesis nula cuando realmente es cierta. Se trata del error de Tipo I.

También puede ocurrir que el jurado no rechace la presunción de inocencia del acusado y su veredicto sea No Culpable. En este caso, no hubo suficiente evidencia para rechazar la inocencia. Esto no significa que la persona sea inocente. El veredicto es No Culpable, no se dice inocente porque la inocencia no se prueba, sólo se llega a la conclusión de que con las pruebas aportadas el acusado no puede ser declarado culpable. Quizás sea culpable pero con la información disponible el veredicto es No culpable. Conviene tener en cuenta este aspecto porque la hipótesis nula tampoco se puede probar, sólo se concluye que no se puede rechazar (o sí se puede) pero nunca se dirá que se acepta la hipótesis nula. No se demuestra la verdad de la hipótesis nula. Esta creencia errónea, sin embargo, es muy común entre alumnos e investigadores.

Otro problema de las decisiones judiciales es declarar no culpable a una persona realmente culpable. Una decisión estadística puede implicar mantener la hipótesis nula cuando realmente es falsa. Se trata del error de Tipo II o beta. En general, el máximo de error de Tipo II está fijado en 0.20, es decir, es cuatro veces mayor que el error de Tipo I permitido. Podríamos decir que es mucho más grave declarar culpable a un inocente (error de Tipo I) que inocente a un culpable (error de Tipo II). En la Tabla 2 se resumen los elementos que permiten comparar el proceso de juicio y el proceso de decisión estadística.

Tabla 2. Comparación entre el proceso de juicio y el de decisión estadística

	PROCESO DE JUICIO	PROCESO DE DECISIÓN ESTADÍSTICA
Inicio	Asunción de inocencia del acusado	Asunción de que la hipótesis nula es cierta
El objetivo del juicio	Demostrar que el acusado es culpable	Rechazar la hipótesis nula y como consecuencia aceptar la hipótesis alternativa
El criterio para determinar la	Rechazar la inocencia más allá de la duda razonable	Rechazar la hipótesis nula con un nivel de significación

culpabilidad		estadística o alfa
Previo al proceso	Reunir la mejor evidencia o pruebas	Planificar adecuadamente el diseño de investigación
Durante el proceso	Resumir la evidencia hallada	Calcular la prueba estadística
Veredicto/Decisión	<i>No culpable</i> : el acusado no ha cometido el delito <i>Culpable</i> : el acusado sí ha cometido el delito	<i>Mantener la hipótesis nula</i> : las poblaciones de los grupos son iguales <i>Rechazar la hipótesis nula</i> : las poblaciones de los grupos no son iguales (hipótesis alternativa)
Decisión correcta	-Culpable si el acusado realmente es culpable -No culpable si el acusado realmente lo es	-Concluir que existen diferencias cuando realmente es cierto (<i>potencia estadística</i>) -Concluir que no hay diferencias cuando realmente no existen (nivel de confianza)
Decisión incorrecta	-Culpable pero el acusado realmente es inocente -No Culpable cuando el acusado realmente es culpable	-Error de Tipo I: rechazar la hipótesis nula siendo realmente verdadera -Error de Tipo II: mantener la hipótesis nula siendo realmente falsa
Calidad de la decisión	Calidad de las pruebas aportadas	Validez del diseño de investigación

2. Método

2.1 Muestra

Los participantes de nuestra investigación son los alumnos de un curso de la asignatura de *Métodos y Diseños de Investigación* impartido en la Facultad de Psicología de la Universidad de Valencia (España). El grupo está formado por 85 alumnos matriculados (18.82 hombres y 81.18 mujeres) pero en el estudio participan 15 alumnos (5 hombres, 33.34%, y 10 mujeres, 66.67%) con puntuaciones antes (pretest) y después (postest) del experimento. La variable independiente consiste en presentar la analogía del proceso de juicio como comparación con el proceso de decisión estadística. La variable dependiente de nuestra investigación son los aciertos a dos cuestiones relacionadas con el proceso de decisión estadística antes y después de la introducción en clase de la analogía del proceso de juicio. La cuestión 1 indica "*Cometer error de Tipo II es imposible cuando*": a) los resultados obtenidos son estadísticamente significativos, b) se mantiene la hipótesis nula, c) los resultados obtenidos no son estadísticamente significativos y d) no se puede responder a la pregunta porque hay más de una pregunta verdadera o todas son falsas. La cuestión 2 señala "*El error de Tipo II se puede cometer cuando*": a) se mantiene la hipótesis alternativa, b) la hipótesis nula es rechazada, c) la hipótesis nula no es rechazada y d) no se puede responder a la pregunta. Sólo se puede elegir una alternativa de las cuatro como alternativa correcta. No es obligatorio contestar.

2.2 Procedimiento

Los conceptos estadísticos y de diseño relacionados con el proceso de decisión estadística se presentan de forma tradicional a los alumnos durante las clases de teoría y prácticas de la asignatura de *Métodos y Diseños de Investigación*. Y se obtiene una puntuación de pretests. Posteriormente se les invita a participar en una práctica de visionado de una película ("Testigo de

Cargo” de Billy Wilder, 1957) cuyo contenido gira en un torno a un juicio, reflexionando después en clase sobre la analogía entre el proceso de juicio y el proceso de decisión estadística. Se destacan secuencias concretas de la película como las decisiones del juez y la presentación de las evidencias o pruebas durante el juicio, para realizar comparaciones con el proceso de decisión estadística. Además, y dadas las características de la película “Testigo de Cargo”, resulta especialmente ilustrativo el final de la película donde se pueden observar los errores de Tipo I y de Tipo II de una forma muy clara. Una vez concluido el debate en clase se obtienen las puntuaciones de post-test

3. Resultados

Los resultados de nuestra investigación corresponden a una primera aproximación a la evaluación empírica de la hipótesis vinculada con la mejor comprensión del proceso de decisión estadística cuando se trabaja con analogías. Sólo se van a presentar porcentajes e indicaciones sobre características descriptivas de los datos.

En la tabla 3 se detallan las respuestas elegidas por cada alumno en las dos cuestiones planteadas en las fase de pretest, primera evaluación de postest y segunda evaluación de postest.

Tabla 3. Respuestas de los alumnos ante las cuestiones de decisión estadística

Pregunta	Opción a	Opción b	Opción c	Opción d	Contestan	No contestan
Cuestion 1	<i>“Cometer error de Tipo II es imposible cuando”:</i>					
	Los resultados obtenidos son estadísticamente significativos	Se mantiene la hipótesis nula	Los resultados obtenidos no son estadísticamente significativos	No se puede responder a la pregunta		
Pretest	3	5	1	1	10	5
Postest 1	6	6	0	2	14	1
Postest 2	7	3	2	3	15	0
Cuestion 2	<i>“El error de Tipo I se puede cometer cuando”:</i>					
	Se mantiene la hipótesis alternativa	La hipótesis nula es rechazada	La hipótesis nula no es rechazada	No se puede responder a la pregunta		
Pretest	1	5	4	0	10	5
Postest 1	0	8	2	5	15	0
Postest 2	2	9	1	3	15	0

*En negrita se señala la respuesta correcta

Como se observa en la Tabla 3, el porcentaje de respuestas correctas a la cuestión 1 y 2 es superior en las fases de postest comparado con el pretest. Además se observa que en la fase de pretest hay más respuestas en blanco vinculadas seguramente a una respuesta de no

conocimiento o de mayor duda en la respuesta. En las fases de postest prácticamente todos los alumnos se deciden a dar una respuesta.

4. Discusión

Los datos de la Facultad de Psicología de la Universidad de Valencia señalan que la asistencia de los alumnos a los exámenes de las asignaturas de metodología es muy escasa. En concreto, en el grupo donde se realizó el experimento (asignatura obligatoria de tercer curso denominada *Métodos y Diseños de Investigación*) sólo se presentaron 29 alumnos (34.12%) al examen de la primera convocatoria realizado en Junio de 2008. Las actitudes y estereotipos sobre los contenidos de las materias de metodología han creado una imagen de las asignaturas donde se destaca su tremenda dificultad para poderlas aprobar. Dada esta situación y la dificultad que los alumnos tienen para alcanzar el pensamiento estadístico de ciertas cuestiones especialmente abstractas se proyecta nuestra investigación: ofrecer una alternativa a la enseñanza tradicional del proceso de decisión estadística basada en el uso de analogías. Disponer de herramientas didácticas que faciliten el aprendizaje de los alumnos es especialmente importante en estos momentos de incorporación de las universidades españolas al sistema de créditos europeo donde el alumno se convierte en un agente activo de aprendizaje.

La experiencia docente llevada a cabo con la película de *Testigo de Cargo* como eje de la analogía ha permitido en primer lugar crear un ambiente activo de discusión donde los alumnos van presentando su visión de la película enlazando sus argumentos con el proceso de decisión estadística. El visionado de la película anima al alumno a participar en clase manifestando control de su opinión y poco a poco con ayuda de la profesora y del resto de argumentos que se van desarrollando en la clase se completa la analogía entre el proceso de juicio y el proceso de decisión estadística. Algunas cuestiones conceptuales no están cubiertas por la analogía como por ejemplo la distribución de muestreo pero la confianza del alumno y el comienzo del desarrollo del pensamiento estadístico sí permite que el alumno esté más receptivo y colaborador en el progreso de los contenidos y explicaciones presentadas en la clase.

Desde hace diez años la enseñanza de la asignatura de “*Métodos y diseños de investigación*” en la Facultad de Psicología de la Universidad de Valencia tiene una página web docente donde se facilitan los materiales del curso y también enlaces e información básica (<http://www.uv.es/friasnav/>). Dentro de la unidad de investigación de “*Métodos de investigación y diseño en Psicología Aplicada*” de la Universidad de Valencia se han ido desarrollando experiencias docentes con la elaboración de materiales que permitan el Aprendizaje Basado en Problemas y la elaboración del portafolio del alumno con el objetivo de avanzar en la perspectiva del proceso de enseñanza-aprendizaje tratando de aumentar la autonomía del alumno y su participación activa. En los dos últimos años hemos incorporado el uso de la analogía para incorporar los conceptos estadísticos con ideas conocidas por los alumnos. Actualmente estamos desarrollando un material multimedia donde se relacionan las pruebas de significación estadística y el proceso de diseño de investigación con el proceso de un juicio. Los principales objetivos de la experiencia docente son desarrollar el pensamiento estadístico para capacitar a los alumnos de una ‘actitud científica’ hacia los problemas sociales, para que interpreten críticamente los resultados publicados, reconociendo los potenciales sesgos, para que comprendan y utilicen la estadística en los diseños de investigación con la ayuda de un software apropiado (por ejemplo SPSS) y muy especialmente para que sepan comunicar de forma efectiva sus resultados o informes de investigación.

5. Referencias

- [1] FEINBERG, W.E. “Teaching the type I and II errors: the judicial process”. *American Statistician*, Vol. 25, 1971, pp. 30-32.
- [2] BANGDIWALA, S.I. “The teaching of the concepts of statistical tests of hypotheses to non-statisticians”. *Journal of Applied Statistics*, Vol. 16, 1989, pp. 355-361.
- [3] CHANTER, D.O. “Some anecdotes and analogies for illustrating statistical ideas”. *Teaching Statistics*, Vol. 5, 1983, pp.14-16.

- [4] BERRY, D.A. "Teaching elementary bayesian statistics with real applications in science." *American Statistician*, Vol. 51, 1997, pp. 241-246.
- [5] BREWER, J.K. (1989). "Analogies and parables in the teaching of statistics." *Teaching Statistics*, Vol. 11, 1989, pp. 21-23.
- [6] FREUND, J.E. *Modern Elementary Statistics* (tenth edition). New Jersey, NJ: Prentice-Hall, 2001.
- [7] KITCHENS, L.J. *Exploring Statistics. A Modern Introduction to Data Analysis and Inference*. Pacific Grove, CA: Duxbury Press, 1998.
- [8] LARSEN, R.J.; MARX, M.L. *Statistics*. New Jersey, NJ: Prentice-Hall, 1990.
- [9] JOHNSON, R.A.; TSUI, K.W. *Statistical reasoning and methods*. New York, NY: Wiley, 1998.
- [10] HOLYOAK, K.J. Analogy. En K. J., Holyoak; R. G. Morrison (eds.), *The Cambridge handbook of thinking and reasoning*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2005.
- [11] DONNELLY, C.M.; McDANIEL, M.A. "Use of analogy in learning scientific concepts". *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, Vol. 19, 1993, pp. 975-987.
- [12] HOLYOAK, K.J.; THAGARD, P. *Mental leaps: analogy in creative thought*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1995.
- [13] SCHUSTACK, M.W.; ANDERSON, J.R. "Effects of analogy to prior knowledge on memory for new information". *Journal of Verbal Behavior and Verbal Learning*, Vol. 18, 1979, pp. 565-583.
- [14] BATANERO, C.; GODINO, J.D.; VALLECILLOS, A.; GREEN, D.R.; HOLMES, P. "Errors and difficulties in understanding elementary statistical concepts". *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, Vol. 2, 1994, pp. 527-547.
- [15] MONTERDE i BORT, H.; PASCUAL LLOBELL, J.; FRÍAS-NAVARRO, D. (2006). "Errores de interpretación de los métodos estadísticos: importancia y recomendaciones". *Psicothema*, Vol. 18, 2006, pp. 848-856.
- [16] FRÍAS-NAVARRO, D. Materiales docentes. <http://www.uv.es/~friasnav/unidadocente.html>, 2008.