

MEDIDAS DE ASOCIACIÓN EN TABLAS 2X2: EVALUACIÓN DE UNA EXPERIENCIA DE ENSEÑANZA CON ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

Association coefficients in 2x2 tables: Assessing a teaching experience with university students

Gustavo R. Cañadas, Carmen Batanero, Pedro Arteaga, María M. Gea
Universidad de Granada

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar una experiencia de enseñanza dirigida a desarrollar la competencia de cálculo e interpretación de las medidas de asociación en tablas 2x2 en estudiantes universitarios. Se describe la experiencia desarrollada en un curso reglado de análisis de datos, y la evaluación del aprendizaje en 92 estudiantes. Se encuentra que la mayoría es capaz de calcular estas medidas en una tarea abierta, con ayuda de Excel y una proporción alta proporciona interpretación estadística del tipo de asociación. Sin embargo se observa mayor dificultad en la interpretación probabilística del resultado y en la contextualización del mismo.

Palabras clave: Tablas 2x2, medidas de asociación, interpretación, enseñanza.

Abstract

The aim of this paper was to evaluate a teaching experience directed to develop competence in computing and interpreting association measures in 2x2 tables by university students. We describe the experience developed in a regular data analysis course and the evaluation of learning in a sample of 92 students. We found that most students were able to compute these measures and a high proportion provided correct interpretation of the type of association: however it was more difficult to provide a probabilistic interpretation of the result and to contextualize this result.

Keywords: Table 2x2, measures of association, interpretation, teaching.

INTRODUCCIÓN

Las tablas de contingencia tienen un papel esencial en la organización y análisis de datos y se presentan con frecuencia en actividades profesionales donde se debe interpretar la asociación entre estas variables y tomar una decisión adecuada. A pesar de su importancia, encontramos poca investigación sobre la comprensión del tema después de la enseñanza, pues la investigación existente se centra en la comprensión o estrategias intuitivas de interpretación de dichas tablas.

Objetivo: El objetivo del presente estudio fue analizar la competencia en el cálculo e interpretación de las medidas de asociación en una tabla 2x2 en estudiantes de psicología, después de haber recibido enseñanza sobre el tema. Con ello se quiere llenar esta laguna en la investigación.

Investigaciones previas

Una tabla de contingencia 2x2, formada por dos filas y dos columnas (Ver Tabla 1) es un objeto semiótico complejo. Aunque los datos de las celdas a , b , c , d , son frecuencias absolutas dobles, su significado no es equivalente desde un punto de vista psicológico, pues la celda a representa la presencia conjunta de los dos caracteres y tiene mayor impacto en la atención que la celda d (ausencia conjunta) o las otras dos celdas (sólo un carácter) (Estepa, 1994).

La investigación sobre tablas de contingencia se ha concentrado en el estudio de las estrategias intuitivas para analizar la asociación en tablas 2x2, mostrándose una gran dificultad en la tarea en adolescentes (Inhelder y Piaget, 1955). La investigación con adultos describe estrategias incorrectas, como usar solo una o dos celdas de la tabla (Smedslund, 1963; Estepa, 1994; Cañadas, 2011) o realizar comparaciones aditivas (Jenkins y Ward, 1965; Meiser y Hewstone, 2006).

Tabla 1. Esquema de una tabla de contingencia 2x2

	B	No B	Total
A	a	B	a+b
No A	c	D	c+d
Total	a+c	b+d	a+b+c+d

La interpretación intuitiva de las tablas de contingencia se complica por la existencia de la "correlación ilusoria" (Chapman, 1967) donde los sujetos son influidos por sus creencias previas al determinar la asociación. Batanero, Godino y Estepa (1998) describen concepciones incorrectas en relación a la asociación en tablas de contingencia, como la concepción causal o confusión entre asociación y causalidad; unidireccional, cuando no se acepta una asociación inversa, y local, donde se deduce la asociación de sólo una parte de los datos. Otros autores (ej. Cañadas, Batanero, Díaz y Estepa, 2013) han estudiado la precisión en la estimación intuitiva de la intensidad de la asociación y las variables que la afectan, constatando que es más precisa si las personas no tienen ninguna teoría respecto al tipo de asociación sobre los datos y cuando la asociación es directa e intensa.

Todas estas investigaciones se han realizado en sujetos que no han recibido una enseñanza formal en el tema. Para complementarlas el *objetivo de este trabajo* fue analizar la competencia que adquieren los estudiantes en el cálculo e interpretación de medidas de asociación en tablas 2x2 después de la enseñanza del tema. Para ello se diseñó un proceso de enseñanza, y se evaluó al final de la misma la competencia de cálculo e interpretación de estas medidas, que constituyen un recurso matemático para valorar objetivamente la asociación en dichas tablas. En lo que sigue se describe el método del estudio y el resultado de la evaluación.

MÉTODO

Muestra contexto educativo

La experiencia se llevó a cabo dentro de un curso reglado de Técnicas de Análisis en la Investigación Psicológica, obligatorio en el grado de Psicología en la Universidad de Granada, pues las tablas de contingencia son un contenido de dicho curso. En el estudio participaron 92 estudiantes del primer curso, divididos en dos grupos: 51 estudiantes en el primer grupo (8 hombres y 43 mujeres) y 53 en el segundo (16 hombres y 37 mujeres). La mayoría se encontraba en un rango de edad comprendido entre 19 y 20 años, con algún estudiante aislado que superaba esta edad.

Diseño de la enseñanza

El diseño de la enseñanza comenzó fijando su contenido a partir de un análisis previo del tema en libros de estadística orientados a Psicología o Educación (por ejemplo, Ato y López, 1996; Guàrdia, Freixa, Però y Turbany, 2007). A partir de dicho análisis, se seleccionaron los objetos matemáticos más adecuados a la construcción de la propuesta didáctica (problemas, conceptos, propiedades, procedimientos, representaciones, argumentos) organizándolos en un proceso de estudio pretendido.

Se preparó un material escrito específico (Cañadas, 2011) colocado también en Internet (www.ugr.es/~analisisdedatos/webcurso/presentacion.html). Dicho material contenía los temas que se desarrollarían, ejemplos de ejercicios resueltos y otros propuestos para resolver, pruebas de autoevaluación para cada tema y una colección de programas Excel que facilitarían los cálculos y representaciones gráficas.

Se dedicaron seis sesiones de una hora de duración cada una a la enseñanza de las tablas de contingencia. Cuatro sesiones fueron desarrolladas en el aula tradicional y se dedicaron a la presentación de los temas; en otras dos sesiones prácticas realizadas en el laboratorio de informática, en pequeños grupos de 15-20 estudiantes, cada alumno trabajó independientemente con el ordenador utilizando los programas Excel citados para realizar las actividades prácticas. Se aseguró la validez de la observación mediante la presencia de observadores y la grabación en audio de las sesiones. Los profesores habituales de los cursos también asistieron a las sesiones.

El proceso de estudio se organizó alrededor de cuatro temas:

- *Tablas de contingencia, lectura e interpretación.* Se pretendía que el alumno aprendiese a: (a) Resumir datos en tablas de contingencia; (b) Interpretar los distintos tipos de frecuencias; (c) Representar gráficamente los datos y (d) Calcular probabilidades simples, compuestas y condicionales.
- *Asociación estadística, dependencia funcional e independencia.* Se pretendía que los alumnos adquiriesen competencia para (a) Diferenciar la asociación estadística, dependencia funcional e independencia; (b) Reconocer el tipo de relación comparando las frecuencias condicionales; (c) Calcular las frecuencias esperadas en caso de independencia y (d) Analizar posibles explicaciones de una asociación estadística.
- *El estadístico Chi-cuadrado y contrastes asociados.* Con los siguientes objetivos (a) Calcular e interpretar el estadístico Chi-cuadrado y sus grados de libertad; (c) Comprender los pasos en el contraste de independencia, y de homogeneidad interpretando sus resultados y comprendiendo sus supuestos.
- *Medidas de asociación.* Se trata de (a) Calcular e interpretar medidas de asociación en tablas 2x2; (b) Calcular e interpretar medidas de asociación en tablas rxc.

Como se ha indicado, se proporcionó al estudiante un programa Excel para facilitar los cálculos. Dicho programa constaba de cinco componentes, cada uno de ellos presentado en hojas independientes de Excel: “Frecuencias”, “Gráficos”, “Test Chi cuadrado”, “Medidas asociación tablas 2x2” y “Medidas asociación tablas rxc”. Se entregó a los estudiantes una descripción del programa en que, para cada una de las hojas se describen los objetivos, datos requeridos y resultados.

En el diseño de la enseñanza también se tuvieron en cuenta los principios de diseño instruccional propuestos por Cobb y McClain (2004) para el aprendizaje de la estadística:

1. Énfasis en el desarrollo de las ideas estadísticas fundamentales, tratando de relacionar los principales objetos estadísticos en forma progresiva y sin excesiva formalidad.
2. Uso de situaciones reales y motivadoras que apoyen el desarrollo del razonamiento de los estudiantes Para ello se contextualizaron los ejemplos y ejercicios en el campo de la Psicología, tomados de los textos citados o de artículos de investigación en dicho campo. Se puso especial cuidado en enfatizar la interpretación de los resultados en todos los problemas propuestos.
3. Integrar la tecnología, en forma que permita a los estudiantes evaluar sus conjeturas, explorar y analizar datos y desarrollar su razonamiento estadístico. Por este motivo se proporcionó a los estudiantes un programa de cálculo, liberando así tiempo para actividades de interpretación y exploración.
4. Promover el debate en el aula, favoreciendo el intercambio de las ideas y argumentos de los estudiantes y el descubrimiento dirigido.
5. Uso de la evaluación para informar sobre lo que los estudiantes aprenden, apoyarles en el aprendizaje y comprobar que se alcanzan los objetivos educativos.

Tarea de evaluación propuesta a los estudiantes

Al finalizar la enseñanza se realizaron varias pruebas de evaluación, que se resolverían todas ellas individualmente, incluyendo cuestionarios de opción múltiple para evaluar el conocimiento teórico adquirido y problemas abiertos que se resolvían con el apoyo de los programas Excel mencionados.

En este trabajo se analizan los resultados en uno de estos problemas abiertos, dirigido a evaluar el aprendizaje sobre medidas de asociación en tablas 2x2. En la tarea propuesta (Figura 1) existe una asociación inversa media-alta (coeficiente Phi de Pearson = -0,592), que es estadísticamente significativa ($p=0,000$). Se espera que el alumno tenga expectativas (teorías previas) que coincidan con el tipo de asociación; es decir que a priori piense que cuanto mayor tiempo de residencia, menor será el grado de ansiedad del inmigrante. Se trataría de una relación de tipo causal, donde el tiempo de residencia actuaría como causa y el efecto es un bajo ó alto grado de ansiedad.

Tarea. Se desea estudiar hasta qué punto existe relación entre el tiempo de residencia de inmigrantes en nuestro país y su grado de ansiedad. Se dispone de una muestra de 207 inmigrantes a los que se les evaluó en ambas variables obteniéndose la siguiente tabla de frecuencias observadas.

Tiempo de Residencia	Grado de ansiedad		Total
	Bajo	Alto	
Poco tiempo	36	81	117
Mucho tiempo	81	9	90
Total	117	90	207

Calcule e interprete las medidas de asociación para tablas 2x2

(Adaptado de Guàrdia, Freixa, Però, y Turbany, 2007, pág. 130)

Figura 1. Tarea propuesta

En las tablas 2x2 podemos diferenciar entre dependencia directa y dependencia inversa observando la frecuencia en algunas celdas. Las celdas a (presencia-presencia) y d (ausencia-ausencia) contribuyen a la asociación directa, mientras las otras dos celdas, donde se da un solo carácter y el otro no, apoyan la asociación inversa. En nuestro caso puesto que las celdas b y c tienen conjuntamente mayor frecuencia que las a y d , la asociación es inversa.

Para calcular los coeficientes se espera que el alumno utilice el programa Excel, y obtenga los coeficientes mostrados en la Figura 2, realizando las siguientes interpretaciones (Ato y López, 1996):

- *El coeficiente Phi de Pearson* mide la diferencia entre las frecuencias observadas en la tabla y las que se obtendrían en caso de perfecta independencia. En tablas 2x2 su valor es:

$$\Phi = \frac{a.d - b.c}{\sqrt{(a+b)(a+c)(b+c)(b+d)}}$$

Su interpretación es similar a la del coeficiente de correlación para variables numéricas, pues toma valores entre -1 y 1. Si el coeficiente es positivo, la dependencia es directa y más alta cuanto más se acerque a 1; este valor solo se obtiene cuando la dependencia es directa y perfecta, todos los casos están en las celdas a y d . Si el coeficiente es negativo, la dependencia es inversa y más alta cuanto más se acerque a -1 (valor que se obtiene cuando todos los casos están en las celdas b y c). El valor 0 se obtiene cuando hay independencia. En nuestro caso se obtiene un valor 0,592, que corresponde a asociación moderada alta. El programa no proporciona el signo, que el estudiante ha de deducir mediante la observación

de la tabla, donde se observa una asociación negativa, debido a que la mayoría de las frecuencias se concentran en las celdas b y d.

- *El riesgo relativo* puede calcularse tanto por filas como por columnas, aunque en este problema sus valores coinciden en 0,3418. Su valor absoluto informa del tipo de asociación, de modo que cuando $RR = 1$ no hay asociación entre las variables, si $RR > 1$ existe asociación positiva y si $RR < 1$, existe una asociación negativa, como en el problema dado. En la enseñanza, también se enseñó la interpretación probabilística de este coeficiente, que es la siguiente:

- *El riesgo relativo por filas:* $RR_{filas} = \frac{P(B/A)}{P(B/noA)} = \frac{a/(a+b)}{b/(c+d)}$ indica cuánto es más probable

llevar poco tiempo de residencia, cuando el grado de ansiedad es bajo que cuando es alto. Como el valor es 0,3418, la probabilidad de llevar poco tiempo de residencia cuando se tiene poca ansiedad es la tercera parte de cuando se lleva mucho tiempo.

- *El riesgo relativo por columnas:* $RR_{columnas} = \frac{P(A/B)}{P(A/noB)} = \frac{a/(a+c)}{b/(b+d)}$ indica cuánto es

más probable tener un bajo grado de ansiedad en personas con poco tiempo de residencia, al comparar con las que ya llevan un tiempo mayor. También en este caso la probabilidad es la tercera parte.

- *La razón de productos cruzados* toma el valor 0,0493. Como su nombre indica, es el cociente entre el producto de las celdas favorables a la asociación positiva y las favorables a la asociación negativa y se calcula mediante la expresión:

$$RC = \frac{a.d}{b.c} = \frac{a/c}{b/d} = \frac{C_1}{C_2}$$

Como vemos, es la razón entre dos cocientes: C_1 es la razón de casos en que se presenta o no se presenta A cuando está presente B . C_2 es la razón de casos en que se presenta A y no se presenta A cuando no está presente el factor B . El valor obtenido del coeficiente indica que la razón entre el número de emigrantes con “menos tiempo” de residencia y “más tiempo” de residencia es menor cuando el grado de ansiedad es bajo, que cuando llevan mucho tiempo. Además el valor absoluto del coeficiente informa del tipo de asociación, de modo que cuando $RC = 1$ no hay asociación entre las variables, si $RC > 1$ existe asociación positiva y si $RC < 1$, existe una asociación negativa, como en el problema dado.

I16 f. =(D8*E10)/(D10*E8)									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
TABLA DE DATOS									
			Variable Y						
			Grado de ansiedad						
			y1	y2					
			Bajo	Alto	Total				
Variable X	x1 Poco		36	81	117				
T. residencia	x2 Mucho		81	9	90				
	Total		117	90	207				
							Chi cuadrado	72,62	
							Phi de Pearson	0,592	
							Riesgo Relativo	0,34188034	Columnas
								0,34188034	Filas
							Razón de productos cruzados	0,04938272	

Figura 2. Cálculo de medidas de asociación mediante el programa facilitado a los estudiantes

MÉTODO DE ANÁLISIS Y RESULTADOS

Recogidas las respuestas escritas a la tarea se procedió a realizar un análisis de su contenido (Krippendorff, 1991)- La primera operación fue la lectura atenta de las producciones de los estudiantes, buscando las componentes relacionadas con cada uno de los apartados del problema. Las respuestas de todos los estudiantes fueron transcritas en un fichero de texto, asignando al estudiante su número y a cada respuesta un código correspondiente al apartado.

Las respuestas en cada apartado, se compararon entre sí, mediante un proceso inductivo y cíclico, hasta llegar a un número suficiente de categorías para mostrar la diversidad de soluciones. Todos los autores revisaron varias veces la codificación, hasta llegar a un acuerdo sobre las categorías que se utilizarán en el estudio. Somos conscientes de que a priori es posible otros tipos de respuestas, pero sólo se han considerado las que dieron los estudiantes, quienes mostraron en general poca capacidad de argumentación.

A continuación se exponen los resultados en cada apartado de la tarea.

Coefficiente Phi de Pearson

RC. El estudiante calcula bien el coeficiente Phi y su signo y lo interpreta adecuadamente, usando una notación adecuada. Por tanto tiene que combinar un procedimiento formal (cálculo del coeficiente con un programa), con otro informal (comparación de las frecuencias en las celdas de la tabla que corresponden a asociación directa e inversa). Interpreta correctamente el signo e intensidad. En general la interpretación es de tipo estadístico, como en la siguiente respuesta: “*Phi de Pearson = -0,592. La dependencia es inversa y moderada*” (E26). En pocos casos se añade o se sustituye por la interpretación en contexto: “*Como el coeficiente de Pearson es -0,592 la dependencia es inversa; quiere decirse que a mayor tiempo menor ansiedad*”. Fueron muy escasos los que hicieron esta interpretación, por lo que en las siguientes categorías y apartados sólo consideramos si la interpretación es correcta o incorrecta.

RP.1. *Cálculo correcto con error en el signo e interpretación correcta.* Aunque usa una notación adecuada y calcula el valor del coeficiente, haciendo interpretación correcta, se confunde el signo: “*Coefficiente Phi de Pearson $\Phi = 0,592$. Dado que el coeficiente es positivo, la dependencia es directa y moderada*” (E22).

RP.2. *Error en el cálculo y signo del coeficiente, con interpretación correcta.* En lugar de obtener el coeficiente Phi de Pearson con el programa, lo calcula manualmente produciéndose un error. Se observa también conflicto en el signo, pero la interpretación final es adecuada: “*Phi de Pearson = Raíz de $(72,61)/207 = 0,04$. Observamos que es un valor positivo (dependencia directa). Es un valor moderadamente bajo*” (E102).

RP.3. *Cálculo correcto del coeficiente y signo con interpretación incorrecta.* No se reconoce los valores del coeficiente que corresponden a la asociación directa y cuáles de asociación inversa: “ *$\Phi = -0,592$. Como el valor es menor que 0, la dependencia es directa*” (E36).

RP.4. *Cálculo correcto, con signo e interpretación incorrecta.* Similar al caso anterior, e incluye error en el signo: “*Phi de Pearson = 0,592. Hay dependencia directa y perfecta*” (E19).

RP.5. *Valor correcto, con signo incorrecto y sin interpretación.* Se observan conflictos de cálculo del signo de la raíz cuadrada, y además no se interpreta el resultado: “*Phi de Pearson = 0,592*” (E4).

Como resumen, en la Tabla 2 podemos observar que el 35,8% de estudiantes calculan e interpretan correctamente el coeficiente, siendo mayoría los estudiantes que tienen algún error. El cálculo del valor absoluto y su interpretación fueron sencillos (93,4% y 85,8%), dándose la mayor dificultad en

la deducción del signo. Una respuesta frecuente fue RP.1, donde obtienen el valor numérico, pero no el signo, realizando una interpretación correcta del resultado que obtiene.

Tabla 2. Frecuencias y porcentajes de respuestas para el valor Phi

	Frecuencia	Porcentaje	% absoluto correcto	valor correcto	% signo correcto	% interpretación correcta
RC.1	33	35,8	35,8		35,8	35,8
RP.1	43	46,7	46,7			46,7
RP.2	3	3,3				3,3
RP.3	2	2,2	2,2		2,2	
RP.4	5	5,4	5,4			
RP.5	3	3,3	3,3			
No responde	3	3,3				
Total	92	100	93,4		3,8	85,8

Riesgo relativo

RC.1. *Calcula e interpreta correctamente ambos valores*, interpretando de forma correcta que como el coeficiente toma un valor menor que 1, existe una dependencia inversa entre las variables: “*El riesgo relativo nos indica que existe una asociación negativa $0,34188034 < 1$* ” (E 9).

RC.2. *Cálculo correcto e interpretación probabilística*. Son los estudiantes que en su interpretación nos informan de cuanto es más probable la presencia de una variable respecto de la otra; lo que indica uso correcto de la probabilidad condicional y diferencia entre las variables independientes y dependientes, proceso difícil, según Ruiz (2006). Además, realizan una interpretación en el contexto del problema:

Riesgo relativo: RR columnas = 0,34188034, es 0,3418 veces más difícil tener menos tiempo de residencia con ansiedad baja. RR filas = 0,34188034, es 0,3418 veces más difícil tener más tiempo de residencia con ansiedad baja. En ambos casos tenemos que $RR < 1$, por lo tanto, existe una asociación negativa (E22).

RP.1. *Cálculo correcto pero no interpreta los valores obtenidos*, lo que podría deberse a falta de competencias probabilísticas para interpretar el coeficiente: “*Riesgo Relativo = 0,3418034 Filas y columnas*” (E4).

RP.2. *Cálculo correcto e interpretación incorrecta*, no habiendo relacionado el resultado con la asociación negativa: “*RR < 1, 0,34 como es menor a 1, la asociación es positiva*” (E83).

RP.3. *Cálculo incorrecto con interpretación correcta* como el siguiente ejemplo: “*Los valores de riesgo relativo (RR) son por filas 6,92 y por columnas 2,92. Como las dos son mayores que 1 sabemos que existe asociación positiva*” (E 91).

Tabla 3. Frecuencias y porcentajes de respuestas para el riesgo relativo

	Frecuencia	Porcentaje	% RR correcto	% interpretación correcta
RC.1	60	65,2	62,7	62,7
RC.2	8	8,7	8,7	8,7
RP.1	3	3,3	3,3	
RP.2	5	5,4	5,4	
RP.3	7	7,6		7,6
No responde	9	9,8		
Total	92	100	79,9	78,8

En la Tabla 3 observamos que una gran parte de la muestra deduce un valor correcto que identifican adecuadamente con la asociación existente en la tabla. Sin embargo pocos hacen una interpretación probabilística del significado del coeficiente (RC2). Este resultado posiblemente se deba a las dificultades de los estudiantes con las probabilidades condicionales, descritas, entre otros autores por Falk (1986), y Contreras (2011). Exceptuando esta interpretación en términos de probabilidad condicional, se han tenido buenos resultados en la obtención del valor del riesgo relativo pues aproximadamente el 80% calcula o interpreta correctamente y el 70% las dos cosas.

Razón de productos cruzados

RC.1. *Cálculo e interpretación correctos*, identificando la asociación inversa: “Razón de productos cruzados: 0,04938272. Como $RC < 1$, esto nos indica que hay dependencia inversa” (E14).

RP.1. *Cálculo correcto* de la razón de productos cruzados, pero no lo interpreta, lo que sugiere algún conflicto sobre la comprensión del coeficiente ó en la noción de razón: “Razón de productos cruzados = 0,04938272” (E8).

RP.2. *Cálculo correcto e interpretación incorrecta* indicando que la asociación es directa: “Razón de productos cruzados = 0,04938272. Existe asociación directa” (E19).

RP.3. *Cálculo incorrecto, con interpretación correcta de tipo probabilístico*, mostrando una buena comprensión de la probabilidad condicional y la diferenciación de la variable dependiente e independiente: “Razón de productos cruzados es 20,25, y esto implica que la razón entre los casos que aparecen A y no A es mayor cuando está presente B” (E86).

En la Tabla 4 se observa que ningún estudiante dio una respuesta totalmente incorrecta, obteniendo el valor correcto (77,2%) ó interpretación correcta (65,2%). Pero, como el caso anterior, poco dan una interpretación en términos de probabilidad aplicándolo al contexto del problema.

Tabla 4. Frecuencias y porcentajes de respuestas para la razón de productos cruzados

	Frecuencia	Porcentaje	% cálculo correcto RR	% interpretación correcta
RC.1	54	58,7	58.7	58.7
RP.1	10	10,9	10.9	
RP.2	7	7,6	7.6	
RP.3	6	6,5		6.5
No responde	15	16,3		
Total	92	100	77.2	65.2

DISCUSIÓN Y CONSECUENCIAS PARA LA ENSEÑANZA

Nuestros resultados muestran que el porcentaje de estudiantes que llega a deducir, utilizando alguno de los coeficientes una asociación adecuada entre las variables es mucho mayor respecto al encontrado en investigaciones previas con estudiantes que no han recibido instrucción sobre el tema, quienes usan estrategias intuitivas, incorrectas en el 80% de los casos (Estepa, 1994; Cañadas et al.; 2013). En consecuencia, la experiencia de enseñanza desarrollada parece contribuir a la mejora de los estudiantes en su razonamiento sobre la asociación en tablas de contingencia 2x2.

En nuestra investigación la mayoría muestra competencia en el cálculo de los valores correctos y una amplia proporción llegan a una interpretación correcta del tipo de asociación. El cálculo del signo y valor de estas medidas de asociación parecen sencillos de comprender, aplicar e interpretar, siendo la más sencilla el riesgo relativo, seguido por la razón de productos cruzados y finalmente el coeficiente Phi. Asociados a las respuestas parcialmente correctas, se puede identificar algunas dificultades, como no comprensión del papel de cada celda de la tabla para indicar asociación directa o inversa (aunque sólo en una parte de los estudiantes) que lleva a asignar un signo erróneo.

Hacemos también notar que la mayor parte de los alumnos se limitan a dar una interpretación estadística del enunciado (tipo de asociación correcta) sin interpretar qué significa el tipo particular de asociación en el contexto del problema (implicación de la asociación estadística para la relación entre grado de ansiedad y tiempo de residencia). Ello sugiere la necesidad de poner mayor atención en la enseñanza a las actividades interpretativas en futuras replicaciones de la experiencia de enseñanza.

En la actividad pedida los alumnos parten de un problema de la vida real (estudiar la relación entre grado de ansiedad y tiempo de residencia) que modelizan matemáticamente mediante el estudio de las frecuencias de la tabla de contingencia y las diferentes medidas de asociación. Los alumnos recorren así el ciclo de modelización descrito por Henry (1997) pasando de la realidad (situación de los emigrantes) al modelo matemático (medidas de asociación) y trabajando con el modelo (cálculo en interpretación de las medidas). Pero no completan el último paso del ciclo, que sería traducir los resultados del trabajo con el modelo matemático a la realidad modelizada. Hemos encontrado este mismo comportamiento en otros trabajos previos como el de Batanero, Arteaga y Ruiz (2010), donde hemos resaltado la necesidad de que la enseñanza de la matemática tenga en cuenta este último paso del ciclo de modelización que posiblemente no fue bien resaltado en la experiencia analizada.

La escasez de interpretaciones de los coeficientes en término de probabilidades sugiere también dificultad al interpretar probabilidades condicionales, como las encontradas por Contreras (2011), que influyen en la interpretación de los riesgos relativos, aunque este sería un tema que requiere una investigación más detallada.

Como se indicó en la introducción, las tablas de contingencia son un instrumento útil para la investigación, el trabajo profesional y la toma de decisiones por lo que una persona estadísticamente culta debiera ser capaz de comprender e interpretar este objeto matemático. Ello sugiere la necesidad de una mayor investigación sobre la enseñanza de las tablas de contingencia y sobre la comprensión de las herramientas matemáticas para el estudio de la misma, como son los coeficientes de asociación. Nuestro trabajo ha dado un paso en este sentido, pero es necesario revisar la experiencia de enseñanza para mejorar los puntos débiles encontrados.

Agradecimientos: Proyecto EDU2010-14947 (MINN-FEDER) y Grupo FQMN-126 (Junta de Andalucía).

Referencias

- Ato, M. y López, J. J. (1996). *Análisis estadístico para datos categóricos*. Madrid: Síntesis
- Batanero, C., Arteaga, P. y Ruiz, B. (2010). Análisis de la complejidad semiótica de los gráficos producidos por futuros profesores de educación primaria en una tarea de comparación de dos variables estadísticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 141-154.
- Batanero, C., Godino, J. & Estepa, A. (1998). La construcción del significado de la asociación mediante actividades de análisis de datos: Reflexiones sobre el papel del ordenador en la enseñanza de la Estadística. En J. R. Pascual (Eds.), *II Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática* (pp. 169-185). Pamplona: Universidad Pública de Navarra.
- Cañadas, G. R. (2011). *Las tablas de contingencia para psicología*. Granada: Departamento de Didáctica de la Matemática.
- Cañadas, G., Batanero, C., Díaz, C. Estepa, A. (2013). Un estudio de evaluación de la precisión de los estudiantes de psicología en la estimación de la asociación. *Bolema*, 27 (47), 759-778.
- Chapman, L. J. (1967). Illusory correlation in observational report. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6(1), 151-155.

- Cobb, P. y Mc Clain, K. (2004). Principles of instructional design for supporting the development of students' statistical reasoning. En D. Ben-Zvi y J. Garfield (Eds.), *The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Contreras, J. M. (2011). *Evaluación de conocimientos y recursos didácticos en la formación de profesores sobre probabilidad condicional*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Estepa, A. (1994). *Concepciones iniciales sobre la asociación estadística y su evolución como consecuencia de una enseñanza basada en el uso de ordenadores*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Falk, R. (1986). Conditional probabilities: insights and difficulties. En R. Davidson y J. Swift (Eds.), *Proceedings of the Second International Conference on Teaching Statistics*. (pp. 292-297). Victoria, Canada: International Statistical Institute.
- Guàrdia, J., Freixa, M., Però, M. y Turbany, J. (2007). *Análisis de datos en psicología*, Delta, Publicaciones Universitarias.
- Henry, M. (1997). Notion de modèle et modélization en l'enseignement. En M. Henry (Ed.), *Enseigner les probabilités au lycée* (pp. 77-84). Reims: Commission Inter-IREM.
- Inhelder, B. y Piaget, J. (1955). *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Jenkins, H. M. y Ward, W. C. (1965). Judgment of the contingency between responses and outcomes, *Psychological Monographs*, 79, 1-17.
- Krippendorff, K. (1991). *Metodología de análisis de contenido*, Barcelona, Paidós.
- Meiser, T. y Hewstone, M. (2006). Illusory and spurious correlations: Distinct phenomena or joint outcomes of exemplar-based category learning? *European Journal of Social Psychology*, 36(3), 315-336.
- Ruiz, B. (2006). *Un acercamiento cognitivo y epistemológico a la didáctica del concepto de variable aleatoria*. Tesis de Máster. IPN, México.
- Smedlund, J. (1963). The concept of correlation in adults. *Scandinavian Journal of Psychology*, 4, 165-174.