

# Coeficientes de fiabilidad para escalas de respuesta categórica ordenada

Paula Elosua Oliden y Bruno D. Zumbo\*

Universidad del País Vasco y \* University of British Columbia (Canadá)

El coeficiente alpha de Cronbach es usado constantemente en las ciencias sociales como estimador de la consistencia interna de las puntuaciones. Sin embargo, el supuesto de continuidad en el que se asienta este estadístico es sistemáticamente violado con la utilización de escalas de respuesta ordinal o escalas Likert. Dado que existen coeficientes de fiabilidad contruidos sobre la consideración ordinal de los datos a analizar, los coeficientes ordinales alpha y beta, el objetivo de este trabajo es presentarlos, aplicarlos, exponer cómo se estiman y mostrar sus ventajas e inconvenientes respecto a la estimación tradicional de alpha.

*Reliability coefficients for ordinal response scales.* Cronbach's alpha is systematically used in the social sciences to estimate internal consistency. However, this coefficient assumes the continuity of the variables and this assumption is not met by ordinal response items or Likert scales. This work shows two alternatives to the alpha coefficient, the ordinal alpha and beta coefficients. Both of them take into account the ordinal nature of the data. The new coefficients were applied to several scales and compared with the traditional estimation of alpha. This paper also shows how to estimate those coefficients.

El coeficiente alpha de Cronbach es el coeficiente de fiabilidad más utilizado en las ciencias sociales (Zumbo y Rupp, 2004). Cronbach (2004) apuntó que su artículo de 1951 había sido citado no menos de 5.590 veces y que se nombraba aproximadamente 325 veces al año en el *Social Sciences Citation Index*. Aunque los orígenes del coeficiente alpha se encuentran en los trabajos de Hoyt (1941) y de Guttman (1945), el coeficiente es conocido en la literatura como alpha de Cronbach. A pesar de su generalizado uso en las ciencias sociales su aplicación podría no ser correcta cuando la naturaleza de la escala de respuesta es ordinal, pues una de las asunciones del coeficiente de Cronbach, en tanto en cuanto coeficiente de correlación intraclase, es la naturaleza continua de las variables. El problema derivado de la aplicación de modelos que asumen escalas de respuesta continua sobre datos que no cumplen este supuesto es común en la mayoría de los modelos utilizados en las ciencias sociales. La literatura muestra multitud de trabajos en los que se analizan los efectos de la utilización de modelos falsos. Existe un amplio debate sobre el impacto del número de categorías de respuesta sobre modelos estadísticos que asumen el carácter continuo de las variables que modelan. El coeficiente alpha no es ajeno a ese debate. Varios estudios de simulación han mostrado que la utilización del coeficiente alpha como coeficiente de consistencia interna sobre escalas de respuesta Likert con menos de 5 categorías de respuesta produce un decremento espurio en su magnitud; magnitud que se estabiliza a partir de escalas con 6 categorías de respuesta (Gelin, Beasley y Zumbo, 2003; Lozano, García-Cueto y Muñiz, 2008; Ramsay, 1973; Weng, 2004).

El procedimiento común de estimación del coeficiente alpha parte de la matriz de correlaciones, o más general de covarianzas, entre ítems. Es habitual utilizar correlaciones producto-momento de Pearson; de hecho, es el procedimiento de estimación por defecto utilizado por paquetes estadísticos como SPSS o el SAS, por citar alguno. Sin embargo, las correlaciones de Pearson son correlaciones producto-momento que no tienen en cuenta el carácter ordinal de los datos, y, por tanto, la matriz de correlaciones puede ser una matriz distorsionada (Rupp, Koh y Zumbo, 2003). Teóricamente, si los datos de interés tienen naturaleza ordinal la matriz de correlaciones a estimar debería ser la matriz de correlaciones policóricas, en tanto en cuanto una correlación policórica estima la relación lineal entre dos variables latentes continuas que subyacen a dos variables observadas ordinales que son indicadores manifiestos de aquellas (Flora y Curran, 2004). En el caso de que las variables indicadores fueran de naturaleza dicotómica las correlaciones policóricas son conocidas como correlaciones tetracóricas.

Con estos antecedentes parece lógico y conveniente estimar la consistencia interna de un conjunto de datos ordinales sobre la matriz de correlaciones policóricas. De hecho, existen coeficientes de fiabilidad basados en estos supuestos; el coeficiente alpha ordinal y del coeficiente theta ordinal que pueden considerarse desarrollos derivados de la «teoría clásica de tests no-lineal» (Lewis, 2007). El presente artículo define los nuevos coeficientes ordinales, muestra las relaciones entre los coeficientes de consistencia interna y el modelo del factor común, y finalmente ejemplifica la estimación de los coeficientes ordinales a través de una aplicación práctica sobre datos operacionales.

## Coeficiente alpha

Considerando sólo la matriz de correlaciones de Pearson y el modelo del análisis factorial, McDonald (1985, p. 217) describió cómo computar el coeficiente alpha desde el modelo del factor co-

mún. Para una escala compuesta por  $n$  ítems el coeficiente alpha podría estimarse como:

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left[ \frac{n(\bar{\lambda})^2 - \bar{\lambda}^2}{n(\bar{\lambda})^2 + (u^2)} \right] \quad (1)$$

Donde  $n$  es el número de ítems.

$\bar{\lambda}$  es la media aritmética de los pesos factoriales.

$\bar{\lambda}^2$  es la media aritmética de los cuadrados de los  $n$  pesos factoriales.

$u^2$  es la media aritmética de las unicidades de las  $n$  variables.

Amor (1974), basándose en el modelo de componentes principales, introdujo una estimación de la fiabilidad, el coeficiente theta, que fue desarrollado para escalas multidimensionales. El coeficiente theta para una solución factorial simple se estimaría de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\theta = \frac{n}{n-1} \left[ 1 - \frac{1}{Eigen_1} \right] \quad (2)$$

Donde  $n$  es el número de ítems de la escala.

$Eigen_1$  es el valor propio mayor correspondiente a la matriz de correlaciones.

Las versiones ordinales de los coeficientes ordinales alpha y theta se computarían aplicando las ecuaciones (1) y (2), respectivamente, sobre la matriz de correlaciones policóricas. Las nuevas estimaciones de la fiabilidad son ordinales en la medida en que tienen en cuenta la estructura ordinal de la escala de respuesta.

#### El modelo clásico de tests y el modelo del factor común

Dentro del modelo clásico de test la puntuación observada de un sujeto en un ítem ( $X_i$ ) se descompone en puntuación verdadera ( $V_i$ ) y componente aleatorio o error ( $e$ ):

$$X_i = V_i + e_i \quad (3)$$

Siguiendo a Jöreskog (1971) y Henrysson y Wedman (1972) esta descomposición de la puntuación observada en puntuación verdadera y error podría generalizarse al modelo unidimensional del factor común:

$$X_i = \lambda_i f + u_i \quad (4)$$

Donde  $\lambda_i$  es el peso factorial.

$f$  es el factor común, que podría asociarse con la puntuación verdadera.

$u_i$  es la unicidad de la variable que podría asociarse al componente de error.

Dentro del modelo factorial la fiabilidad de la puntuación observada podría estimarse por medio de la razón entre la suma de los elementos de la matriz de varianzas/covarianzas entre puntuaciones verdaderas y la matriz de varianzas/covarianzas entre pun-

tuciones observadas (Reuterberg y Gustafsson, 1992). Novick y Lewis (1967) demostraron que el coeficiente alpha ofrece una estimación insesgada de la fiabilidad cuando los pesos del factor común sobre las variables son iguales, es decir, cuando las medidas son tau-equivalentes. La fórmula de la fiabilidad para una puntuación compuesta, conocida como *coeficiente omega* (McDonald, 1999), se formalizaría como:

$$\omega = \frac{\left( \sum_{i=1}^n \lambda_i \right)^2}{\left( \sum_{i=1}^n \lambda_i \right)^2 + \sum_{i=1}^n \text{var}(e)_{ii}} \quad (5)$$

Donde  $\text{var}(e)_{ii}$  denota la varianza de error en el modelo factorial.

#### Método

En este marco de trabajo pasamos a detallar la aplicación práctica de estos coeficientes sobre tres conjuntos de datos que presentan un número diferente de categorías de respuesta. El objetivo de la exposición es doble; por un lado, mostrar las diferencias con referencia al coeficiente de fiabilidad tradicional, y, por otro, exponer el modo de obtener los nuevos coeficientes. El trabajo muestra los códigos a utilizar (tabla 3) en dos de los programas más extendidos para la estimación de correlaciones policóricas (Mplus, LISREL), a la par que ejemplifica la obtención del nuevo alpha ordinal (tabla 2). Los datos sobre los que se han estimado los coeficientes ordinales se corresponden con una escala de ejecución máxima en la que las categorías de respuesta son dos (correcto/incorrecto); una escala de personalidad que presenta 3 opciones de respuesta, y, finalmente, una escala de respuesta graduada con 5 opciones de respuesta.

#### Instrumentos

*Escala de respuesta dicotómica.* Los datos provienen de la escala de aptitud numérica de la Batería de Aptitudes Diferenciales y Generales (BADYG-E; Yuste, 1988). Es una prueba compuesta por 25 ítems de ejecución máxima con dos posibles respuestas: acierto/error, codificadas como 0/1. La muestra está compuesta por 1.063 estudiantes de Primaria.

*Escala politómica con 3 categorías de respuesta.* Los datos fueron obtenidos a través de la administración de la escala H de Atravimimiento perteneciente al inventario 16PF-APQ (Schuerger, 2001) desarrollado para la medida de la personalidad según el modelo Cattelliano en la población adolescente. Los 9 ítems que definen este factor son respondidos en una escala ordinal de 3 puntos codificada como 0/1/2. La muestra está formada por 1.231 estudiantes.

*Escala politómica de 5 categorías de respuesta.* La matriz de datos analizada pertenece al primer factor de una escala de *Indulgencia* (Subkoviak, Enright, Ching-Ru, Gassin, Freedman, Olson y Sarinopoulos, 1995). Está compuesta por 30 ítems y cinco categorías de respuesta (1-2-3-4-5) que fue administrada a una muestra de 394 sujetos.

#### Procedimiento

Para cada una de las escalas se computó el coeficiente alpha según el procedimiento tradicional implementado en SPSS. Para la

obtención del coeficiente alpha ordinal se estimó la matriz de correlaciones policóricas sobre la que se llevó a cabo un análisis factorial exploratorio para la obtención de la matriz factorial. En el caso de la estimación de theta ordinal los datos se sometieron a un análisis de componentes principales sobre la matriz de correlaciones policóricas.

### Resultados

La tabla 1 muestra los estadísticos obtenidos en cada una de las escalas. Para cada uno de los ítems se estimó el coeficiente de asimetría. En la escala de aptitud numérica este índice varió entre -4,6 y 1,41, siendo su media aritmética de -0,95. La media aritmética de los índices de asimetría de la escala de indulgencia fue -1,10, con un rango para los índices de asimetría de -2,1 – -0,1. Los índices de asimetría para la escala de atrevimiento oscilan entre -0,58 y -0,09 con una media de -0,17. Las medias aritméticas

de estos índices para cada una de las escalas pueden consultarse en la tabla 1.

La tabla 1 muestra los coeficientes ordinales alpha y theta, así como los coeficientes alpha de Cronbach. En todos los casos las estimaciones ordinales arrojan valores superiores que las estimaciones tradicionales. Sin embargo, el incremento no es homogéneo. Las diferencias entre el alpha ordinal y el alpha de Cronbach para las escalas de dos y tres categorías de respuesta fueron, respectivamente, 0,089 y 0,072. Para la escala con 5 categorías de respuesta el incremento sufrido por el alpha de Cronbach fue 0,01. Es importante resaltar que el valor inicial del coeficiente de consistencia interna para esta última escala fue 0,97, por lo que su incremento nunca podría ser superior a 0,03.

Aunque la generalización de conclusiones a todas las condiciones posibles no sería correcta, cabe señalar que estos resultados concuerdan con el estudio de simulación llevado a cabo por Zumbo, Gadermann y Zeiser (2007), quienes observaron que el incre-

Escala	n	N	Categorías respuesta	Max	Asimetría	M.A.	Sx	$\alpha$	Ordinal $\alpha$	Ordinal
Aptitud numérica	25	1063	2 (0/1)	25	-0,95	16,5	4,48	0,81	0,899	0,905
Atrevimiento	9	1233	3 (0/1/2)	18	-0,17	9,8	4,8	0,76	0,832	0,845
Indulgencia	30	394	5 (1/2/3/4/5)	150	-1,10	119,9	27,72	0,97	0,980	0,980

<p>1. Código en Mplus para un análisis factorial exploratorio sobre la matriz de correlaciones policóricas/tetracóricas.</p> <p>TITLE: Polychoric correlation Exploratory Factor Analysis</p> <p>DATA: FILE IS 'atrevimiento.dat'; FORMAT IS 9F2.0;</p> <p>VARIABLE: NAMES ARE u1-u9; CATEGORICAL ARE u1-u9;</p> <p>ANALYSIS: TYPE = EFA 1 1;</p> <p>OUTPUT: SAMPSTAT;</p> <p>Mplus ofrece como salida la matriz factorial y las varianzas residuales de las variables observadas. Ofrece también los valores propios de la matriz de correlaciones policóricas.</p>
<p>2. PRELIS/LISREL</p> <p>a. Código PRELIS/LISREL para un análisis factorial exploratorio sobre la matriz de correlaciones policóricas/tetracóricas.</p> <p>SY='atrevimiento.PSF' SE 1 2 3 4 5 6 7 8 9 FA NF= 1 OU MA=KM SM=output XM XB XT</p> <p>LISREL ofrece como salida la matriz factorial y las varianzas residuales de las variables observadas.</p> <p>b. Código PRELIS/LISREL para un análisis de componentes principales sobre la matriz de correlaciones policóricas/tetracóricas.</p> <p>SY='atrevimiento.PSF' SE 1 2 3 4 5 6 7 8 9 PC OU MA=CM XM XB XT</p>
<p>3. FACTOR. Es un programa de libre distribución en el que no hace falta especificar explícitamente la sintaxis. A través de un sencillo menú por ventanas es posible definir las opciones de análisis. La salida del programa ofrece la matriz factorial, las communalidades de las variables, los valores propios de la matriz de correlaciones policóricas y el coeficiente omega</p>

mento del número de categorías de respuesta tiene una relación inversa con el incremento sufrido por el coeficiente alpha de Cronbach.

Discusión y conclusiones

El coeficiente alpha de Cronbach es un estadístico estimado habitualmente sobre una matriz de correlaciones que asume el carácter continuo de las variables; la matriz de correlaciones producto-momento de Pearson. Sin embargo, los datos con los que se trabaja en Ciencias Sociales, en su mayoría, no cumplen el requisito de continuidad. Esta circunstancia, a saber, la utilización de datos ordinales con un modelo para la estimación de la fiabilidad que asume su continuidad tiene efectos negativos sobre el coeficiente de consistencia interna (Zumbo, Gadermann y Zeiser, 2007); de hecho, el valor poblacional del coeficiente de fiabilidad es infraestimado. El sesgo negativo producido en la estimación de alpha aumenta a medida que lo hace la asimetría de la escala y disminuye el número de categorías de respuesta. Por ejemplo, se ha probado que en una escala compuesta por 14 ítems con 3 categorías de respuesta, y un índice de asimetría media de -1 la estimación de alpha decreció del valor teórico de 0,80 al valor estimado de 0,66. Sin embargo, la estimación ordinal de alpha «recuperó» correctamente el valor del parámetro.

La obtención de los coeficientes de fiabilidad ordinales es una tarea sencilla que se ha visto facilitada por el desarrollo actual del software para el análisis de datos. Por ejemplo, es posible utilizar para su estimación el programa libre FACTOR (Lorenzo y Ferrando, 2007), el entorno R (<http://www.cran.r-project.org/>) o los paquetes comerciales PRELIS (Jöreskog y Sörbom, 1996), EQS (Bentler, 2004) o Mplus (Muthen y Muthen, 2001) que proporcionan matrices de correlaciones policóricas sobre las que estimar el modelo unifactorial.

Los coeficientes presentados, aunque teóricamente preferibles a la estimación tradicional, tienen también sus limitaciones. Tal vez la más relevante sea la relacionada con la estimación de la matriz de correlaciones policóricas (Jöreskog, 1994). Una correlación policórica es una estimación del grado de relación lineal entre dos variables continuas subyacentes a dos variables manifiestas de naturaleza dicotómica u ordinal. Las correlaciones policóricas no asumen la distribución normal multivariante de las variables observadas, y tampoco la asumen para las variables latentes, si bien habitualmente ésta es aceptada en aras a una mejor tratabilidad matemática. Dependiendo del modo de estimación de la matriz de correlaciones policóricas empleado (por ejemplo, una estimación por pares) es posible que se obtenga una matriz definida no-positiva, sobre la cual no podría estimarse el modelo factorial. Mientras la comunidad psicométrica intenta solucionar este problema es posible utilizar software como EQS, o R que estiman las correlaciones policóricas (o aproximaciones a ella) intentando generar matrices matemáticamente tratables.

El uso de correlaciones policóricas añade además una característica diferencial a los coeficientes de fiabilidad ordinal respecto al acercamiento clásico. El procedimiento tradicional utiliza indicadores manifiestos en la estimación de alpha, sin embargo, los coeficientes mostrados en este trabajo se centran en la fiabilidad de las variables continuas subyacentes a las respuestas observadas. La utilización de matrices de correlaciones policóricas supone una aproximación a la modelización de variables ordinales que presenta beneficios en tanto en cuanto puede producir estimaciones invariantes respecto a la escala (John Ubersax, lista de distribución SEM del 1 de marzo de 2008); los valores estimados podrían ser consistentes para escalas con distinto número de categorías de respuesta. De este modo, los coeficientes de fiabilidad ordinal pueden considerarse métodos indirectos para la estimación de la validez del ítem o la validez de la escala porque permiten estudiar la relación entre las respuestas al ítem y la variable latente.

Tabla 3  
Estimación del coeficiente de fiabilidad ordinal alpha para la escala de atrevimiento

Ítem	$\lambda_i$	$h_i^2 = \lambda_i^2$	$e_i^2 = 1 - h_i^2$
1	0,859	0,738	0,262
2	0,281	0,079	0,921
3	0,625	0,391	0,609
4	0,865	0,748	0,252
5	0,481	0,231	0,769
6	0,486	0,236	0,764
7	0,711	0,506	0,494
8	0,601	0,361	0,639
9	0,495	0,245	0,755

$$\bar{\lambda}^2 = \left( \frac{0,859 + 0,281 + 0,625 + 0,865 + 0,481 + 0,486 + 0,711 + 0,601 + 0,495}{9} \right)^2 = 0,60^2 = 0,36$$

$$\bar{\lambda}^2 = \left( \frac{0,738 + 0,079 + 0,391 + 0,748 + 0,231 + 0,236 + 0,506 + 0,361 + 0,245}{9} \right) = 0,393$$

$$\bar{u}^2 = \left( \frac{0,262 + 0,921 + 0,609 + 0,252 + 0,769 + 0,764 + 0,494 + 0,639 + 0,755}{9} \right) = 0,607$$

$$\alpha_{ordinal} = \frac{n}{n-1} \left[ \frac{n(\bar{\lambda}^2) - \bar{\lambda}^2}{n(\bar{\lambda}^2) + (\bar{u}^2)} \right] = \frac{9}{9-1} \left[ \frac{(9 \times 0,36) - 0,393}{(9 \times 0,36) + 0,607} \right] = 0,832$$

Del modelo del análisis factorial se derivan las siguientes ecuaciones básicas para el modelo de un factor común:

$h_i^2 = \lambda_i^2$ , donde  $h_i^2$  es la comunalidad de la variable y  $\lambda_i$  es el peso factorial  
 $h_i^2 + e_i^2 = 1$ , donde  $e_i^2$  representa la unicidad ( $u_i^2$ ) o error ( $e_i^2$ ) de cada una de las variables.

Este componente puede descomponerse en dos términos teóricamente diferentes: unicidad y error. La unicidad estaría relacionada con la varianza sistemática y el término de error se refiere a error aleatorio. Esta partición teórica, sin embargo, no es habitualmente llevada a la práctica. A efectos de la estimación de alpha ordinal consideraremos equivalentes los términos de unicidad ( $u_i^2$ ) y error ( $e_i^2$ )

Si comparáramos la estimación ordinal con los modelos de respuesta al ítem, podríamos apreciar equivalencias entre ambos. La modelización ordinal por medio de correlaciones policóricas podría considerarse equivalente a la estimación de un modelo unidimensional de respuesta al ítem (TRI) de ojiva normal. En este contexto, la estimación de la fiabilidad podría conceptualmente equipararse a la media (o valor marginal) estimada a lo largo del continuo latente ( $\theta$ ) de la función de información del test.

En definitiva, el trabajo presenta un modo de estimar el coeficiente de fiabilidad que tiene en cuenta la naturaleza ordinal de los datos, y analiza las relaciones entre las respuestas a los ítems y la variable latente medida. De los resultados obtenidos podría recomendarse al investigador aplicado corregir el sesgo negativo asociado al coeficiente de fiabilidad tradicional alpha por medio de la utilización de los coeficientes ordinales alpha o beta. La decisión sobre la utilización de uno u otro coeficiente vendrá determinada por el objetivo del análisis. Si el investigador quiere reproducir la matriz de correlaciones entre variables observadas, es decir, si quiere llevar a cabo un análisis factorial, la opción es alpha ordinal; si, por el contrario, el objetivo del trabajo es la estimación de la mayor parte de la varianza encontrada en las variables observadas entonces el modelo a aplicar sería el modelo de componentes

principales, y por tanto, theta ordinal (Fabrigar, Wegener, MacCallum y Strahan, 1999).

El interés de la comunidad psicométrica en el coeficiente de consistencia interna alpha sigue vigente (Bentler, 2007; Maydeu-Olivares, Coffina, Hartman, 2007; Elosua, 2008). El presente trabajo no es más que un ejemplo de este interés. A partir de los resultados obtenidos la dirección en el estudio de alpha podría continuarse profundizando en la comparación de los coeficientes ordinales alpha y beta en presencia de multidimensionalidad, analizando los efectos de la utilización de los coeficientes ordinales o continuos en los errores de clasificación basados en la estimación de la puntuación verdadera, o evaluando los efectos de su aplicación sobre los procedimientos bayesianos empíricos para la estimación de las puntuaciones verdaderas. En definitiva, estamos ante una cuestión que desde los primeros trabajos de exposición del coeficiente alpha de Cronbach vuelve a resurgir con considerable interés en la literatura psicométrica.

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido desarrollado en el marco de los proyectos de investigación SEJ2005-01694/PSIC y PSI2008-00856 subvencionados por el Ministerio de Educación y Ciencia.

#### Referencias

- Armor, D.J. (1974). Theta reliability and factor scaling. En H. Costner (Ed.): *Sociological methodology* (pp. 17-50). San Francisco: Jossey-Bass.
- Bentler, P.M. (2004). *EQS 6 Structural Equation Program Manual*. Multivariate Software, Encino, CA.
- Bentler, P.M. (2007). Covariance structure models for maximal reliability of unit-weighted composites. En S.-Y. Lee (Ed.): *Handbook of latent variable and related models* (pp. 1-17). Amsterdam: Elsevier.
- Cronbach, L.J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297-334.
- Cronbach, L.J. (2004). My current thoughts on coefficient Alpha and successor procedures. *Educational and Psychological Measurement*, 64, 391-418.
- Diener, E., Emmons, R.A., Larsen, R.J., y Griffin, S. (1985). The satisfaction with life scale. *Journal of Personality Assessment*, 49, 71-75.
- Elosua, P. (2008). Una aplicación de la estimación Bayes empírica para incrementar la fiabilidad de las puntuaciones parciales. *Psicothema*, 20(3), 497-503.
- Eysenck, H.J., y Eysenck, S.B.G. (1975). *Manual of the Eysenck personality questionnaire*. London: Hodder y Stoughton.
- Fabrigar, L.R., Wegener, D.T., MacCallum, R.C., y Strahan, E.J. (1999). Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research. *Psychological Methods*, 4, 272-299.
- Flora, D.B., y Curran, P.J. (2004). An empirical evaluation of alternative methods of estimation for confirmatory factor analysis with ordinal data. *Psychological Methods*, 9, 466-491.
- Gelin, M.N., Beasley, T.M., y Zumbo, B.D. (2003, April). *What is the impact on scale reliability and exploratory factor analysis of a Pearson correlation matrix when some respondents are not able to follow the rating scale?* Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association (AERA) in Chicago, Illinois.
- Henrysson, S., y Wedman, I. (1972). Analysis of the inter-item covariance matrix. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 16, 25-35.
- Hoyt, C.J. (1941). Test reliability obtained by analysis of variance. *Psychometrika*, 6, 153-160.
- Jöreskog, K.G. (1971). Statistical analysis of sets of congeneric tests. *Psychometrika*, 36, 109-133.
- Jöreskog, K.G. (1994). On the estimation of polychoric correlations and their asymptotic covariance matrix. *Psychometrika*, 59(3), 381-389.
- Jöreskog y Sörbom (1996). *PRELIS 2 User's Reference Guide*. Chicago: Scientific Software International.
- Lewis, C. (2007). Classical Test Theory. En C.R. Rao y S. Sinharay (Eds.): *Handbook of Statistics, Vol. 26: Psychometrics* (pp. 29-43). Elsevier Science B.V.: The Netherlands.
- Lorenzo-Seva, U., y Ferrando, P.J. (2007). *FACTOR: A computer program to fit the exploratory factor analysis model*. University Rovira y Virgili.
- Lozano, L.M., García-Cueto, E., y Muñiz, J. (2008). Effect of the number of response categories on the reliability and validity of rating scales. *Methodology*, 4(2), 73-79.
- Maydeu-Olivares, A., Coffman, D.L., y Hartmann, W.M. (2007). Asymptotically distribution free (ADF) interval estimation of coefficient alpha. *Psychological Methods*, 12, 157-176.
- McDonald, R.P. (1985). *Factor analysis and related methods*. Hillsdale NJ: Erlbaum.
- McDonald, R.P. (1999). *Test theory. A unified treatment*. Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum Associates.
- Muthén, L.K., y Muthén, B.O. (2001). *Mplus user's guide*. Los Angeles: Muthén y Muthén.
- Novick, M.R., y Lewis, M.R. (1967). Coefficient alpha and the reliability of composite measurements. *Psychometrika*, 32, 1-3.
- Ramsay, J.O. (1973). Effects of number of categories in rating scales on precision of estimation of scale values. *Psychometrika*, 38, 513-532.
- Reuterberg, S.E., y Gustafsson, J.E. (1992). Confirmatory factor analysis and reliability: Testing measurement model assumptions. *Educational and Psychological Measurement*, 52, 795-811.
- Rupp, A., Koh, K., y Zumbo, B.D. (2003, April). *What is the impact on exploratory factor analysis results of a polychoric correlation matrix from LISREL/PRELIS and EQS when some respondents are not able to follow the rating scale.* Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association (AERA) in Chicago, Illinois.
- Schuerger, J.M. (2001). *16PF-APQ*. Manual. Champaign, IL: Institute for Personality and Ability Testing.
- Slocum, S.L. (2005). *Assessing unidimensionality of psychological scales: Using individual and integrative criteria from factor analysis*. Unpublished Doctoral Dissertation, University of British Columbia, Canadá.

- Subkoviak, M.J., Enright, R.D., Ching-Ru, W., Gassin, E.A., Freedman, S., Olson, L.M., y Sarinopoulos, I. (1995). Measuring interpersonal forgiveness in late adolescence and middle adulthood. *Journal of Adolescence*, 18, 641-655.
- Weng, L.J. (2004). Impact of the number of response categories and anchor labels on coefficient alpha and test-retest reliability. *Educational and Psychological Measurement*, 64, 956-972.
- Yuste, C. (1988) *BADYG-E*. Madrid: Ciencias de la Educación Preescolar y Especial.
- Zinbarg, R.E., Revelle, W., Yovel, I., y Li, W. (2005). Cronbach's  $\alpha$ , Revelle's  $\beta$  and McDonald's  $\omega$  H: There relations with each other and two alternative conceptualizations of reliability. *Psychometrika*, 70, 123-133.
- Zumbo, B.D., Gadermann, A.M., y Zeisser, C. (2007). Ordinal versions of coefficients alpha and theta for likert rating scales. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 6, 21-29.
- Zumbo, B.D., y Rupp, A.A. (2004). Responsible modelling of measurement data for appropriate inferences: Important advances in reliability and validity theory. En D. Kaplan (Ed.): *The SAGE Handbook of Quantitative Methodology for the Social Sciences* (pp. 73-92). Thousand Oaks, CA: Sage Press.