

Suma Psicológica, Vol. 19 N° 1
Junio 2012, 47-58
ISSN 0121-4381
ISSN-E 2145-9797

PRÁCTICAS DEL ANÁLISIS FACTORIAL EXPLORATORIO (AFE) EN LA INVESTIGACIÓN SOBRE CONDUCTA DEL CONSUMIDOR Y MARKETING

EXPLORATORY FACTOR ANALYSIS (EFA) IN CONSUMER BEHAVIOR AND MARKETING RESEARCH

Dolores Frías-Navarro
Marcos Pascual Soler

Universidad de Valencia, España

RESUMEN

Palabras clave: análisis factorial exploratorio, metodología, conducta del consumidor, marketing

El Análisis Factorial Exploratorio (AFE) es una de las técnicas estadísticas más utilizadas en la investigación social. El principal objetivo de este trabajo es describir las prácticas más utilizadas por los investigadores en el área de la conducta del consumidor y el marketing. Mediante una metodología de revisión documental se analizan las prácticas de AFE en cinco revistas españolas dedicadas a dicha temática (2000-2010). Se analizan las elecciones de los investigadores relacionadas con el modelo factorial, el criterio de retención, la rotación, la interpretación de los factores y otras cuestiones relevantes para el análisis factorial. Los resultados sugieren que los investigadores ejecutan los análisis utilizando métodos cuestionables. Se presentan sugerencias para mejorar el uso del análisis factorial y el informe de resultados y se proporciona un protocolo (Protocolo de Análisis Factorial Exploratorio, PAFE) para ayudar a editores, revisores y autores a mejorar sus informes de análisis factorial exploratorio.

Recibido: Octubre 20 2011

Aceptado: Abril 25 2012

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) de España, proyecto EDU2011-22862.

La correspondencia relacionada con este artículo puede ser dirigida a Dolores Frías-Navarro. Dirección: Universidad de Valencia, Departamento de Metodología de las Ciencias del Comportamiento, Facultad de Psicología. Avenida Blasco Ibáñez, 21, 46010 Valencia. Correo electrónico: M.Dolores.Frias@uv.es.

ABSTRACT

Key words: *Exploratory factor analysis, methodology, consumer behavior, marketing*

Exploratory Factor Analysis (EFA) is one of the most widely used statistical procedures in social research. The main objective of this work is to describe the most common practices used by researchers in the consumer behavior and marketing area. Through a literature review methodology the practices of AFE in five consumer behavior and marketing journals(2000-2010) were analyzed. Then, the choices made by the researchers concerning factor model, retention criteria, rotation, factors interpretation and other relevant issues to factor analysis were analyzed. The results suggest that researchers routinely conduct analyses using such questionable methods. Suggestions for improving the use of factor analysis and the reporting of results are presented and a checklist (Exploratory Factor Analysis Checklist, EFAC) is provided to help editors, reviewers, and authors improve reporting exploratory factor analysis.

El análisis factorial exploratorio (AFE) es uno de los métodos estadísticos que se utiliza de manera frecuente en la investigación en ciencias sociales y seguramente es una de las técnicas que más decisiones requiere por parte del investigador a la hora de ejecutar dicho análisis. Algunos críticos del AFE centran sus limitaciones justamente en cómo los investigadores aplican la técnica y no tanto en el valor de su utilidad (Comrey, 1978; Ford, MacCallum & Tait, 1986). En diferentes estudios en los que se evalúa la conducta del investigador se destaca el uso inapropiado que se realiza de ciertos aspectos críticos del proceso cómo a) la selección del método de extracción de los factores, b) el criterio para decidir el número de factores a retener y c) el tipo de rotación (Conway & Huffcutt, 2003; Fabrigar, Wegener, MacCallum & Strahan, 1999; Ford, et al., 1986; Gorsuch, 1983).

Cualquier instrumento de medida refleja el constructo teórico que se desea medir y también el error de medida. Por ello es necesario que los instrumentos sean sometidos a procesos de validación a través de los estudios psicométricos de validez del constructo y fiabilidad de la medida. La validez del constructo está relacionada con la calidad de la operacionalización que la prueba o test realiza del concepto o constructo que se pretende medir (Cook & Campbell, 1979). Uno de los métodos estadísticos que permiten estudiar la estructura de los constructos y su validez es el análisis factorial exploratorio.

La contribución del AFE al avance del conocimiento científico es muy valiosa. Facilitar el análisis de los patrones de interrelación entre las variables, reducir datos, clasificarlos y describirlos son cuestiones que el AFE resuelve de forma eficiente en todas las áreas de las ciencias sociales. En concreto, el uso del AFE en el área del comportamiento del consumidor y el marketing permite plantear explicaciones teóricas de la conducta que son comprobadas con instrumentos de medida validados empíricamente. La conducta del consumidor, la del vendedor, la satisfacción del cliente, plantean hipótesis de trabajo que sólo podrán ser comprobadas si se disponen de instrumentos con calidad metodológica y la validez de constructo es una condición necesaria para desarrollar y comprobar teorías (Peter, 1981; Jarvis, MacKenzie & Podsakoff, 2003). Por ejemplo, la calidad del servicio ha sido ampliamente medida con el modelo Servqual (SERVICE QUALITY) de Parasuraman, Zeithaml y Berry (1988) quienes proponen cinco dimensiones para medir el constructo (Soler, Llobel, Navarro & Remírez, 2006).

La relevancia del análisis factorial exploratorio como técnica de estudio de las variables que identifican a los constructos psicológicos puede quedar mermada si su aplicación se realiza de manera mecánica o sin conocimiento del proceso metodológico que subyace a cada uno de los modelos de análisis (Ford, McCallum & Tait, 1986). Como se ha demostrado (Comrey, 1978;

Conway & Huffcutt, 2003; Costello & Osborne, 2005; Fabrigar, Wegener, MacCallum & Strahan, 1999; Ford, MacCallum, & Tait, 1986; Henson & Roberts, 2006; Schmitt, 2011; Tinsley & Tinsley, 1987), la ejecución de la técnica del AFE suele estar vinculada, en muchos más casos de lo que sería deseable, a un uso automático de las opciones por defecto que ofrecen los paquetes estadísticos, sin razonamiento teórico que justifique el uso del modelo de análisis aplicado. En concreto, este trabajo analiza la conducta del investigador y su toma de decisiones al ejecutar un AFE dentro del área del comportamiento del consumidor y el marketing.

El principal objetivo de este trabajo es presentar una visión detallada del uso de la técnica del AFE en las investigaciones publicadas sobre el estudio del comportamiento del consumidor y del marketing. Las conclusiones que se alcancen permitirán conocer en primer lugar qué tipo de decisiones y estrategias de análisis aplican los investigadores cuando utilizan AFE. En segundo lugar, y teniendo en cuenta los resultados de nuestro estudio de revisión, se podrán identificar posibles líneas de mejora para proponer una serie de buenas prácticas que cualifiquen su uso. Este trabajo se enmarca en la línea de investigación que hemos desarrollado como equipo de investigación (Monterde-i-Bort, Frías-Navarro & Pascual-Llobell, 2010; Navarro, Llobell & Pérez, 2000) desde hace más de una década sobre la cognición estadística y los usos y abusos de los métodos y técnicas estadísticas por parte de los investigadores.

Nuestro trabajo comienza con una breve presentación de los principales contenidos metodológicos que rodean a la toma de decisiones en un análisis factorial exploratorio, para posteriormente llevar a cabo una revisión de las prácticas más habituales en la aplicación del AFE en el ámbito de investigación en el que se ubica nuestro estudio. Conviene tener en cuenta que la ejecución del AFE requiere una serie de etapas que incluyen análisis preliminares de la relación entre las variables, estimación del modelo, evaluación del ajuste obtenido, obtención de la solución transformada y dotación de significado e interpretación de los factores. Por

tanto, como ya se ha comentado, la conducta del investigador requiere del conocimiento de la técnica y la toma de decisiones en cada una de dichas etapas. El lector interesado en una revisión más detallada del proceso del análisis factorial exploratorio puede consultar Abad, Ponsoda, Olea y García (2011), García, Gil y Rodríguez (2000), Ferrando y Anguiano-Carrasco (2010), Thompson (2004) y Yela (1997).

Estudio de las condiciones previas al AFE

Los estudios dirigidos a analizar la estructura factorial de un instrumento de medida requieren como paso previo la justificación y uso del AFE en el área de investigación elegida. Además, se requieren una serie de actuaciones previas que determinarán el uso óptimo de la técnica.

Antes de la realización de un análisis factorial es necesario calcular y examinar la matriz de correlaciones o covarianzas de las variables objeto de estudio para comprobar si los datos poseen las características adecuadas para llevar a cabo el análisis. En este sentido el investigador dispone de algunas pruebas que le permiten evaluar el grado de adecuación de sus datos (Bisquerra, 1989), como por ejemplo el test de esfericidad de Bartlett o el índice de medida de adecuación de la muestra KMO.

Otra cuestión importante es decidir el tamaño de la muestra con el objetivo de facilitar un adecuado funcionamiento de la técnica estadística del análisis factorial exploratorio. Las recomendaciones abordan tanto el tamaño muestral total del estudio como considerar el número de casos por variable (N / p). Sin embargo, existe diversidad de opiniones. Por ejemplo, Hair, Anderson, Tatham y Black (2004) señalan que nunca se debe realizar el análisis con una muestra inferior a 50 observaciones, siendo preferible trabajar con 100 o más unidades muestrales. Otros autores opinan que la muestra nunca debería ser inferior a 100 (Gorsuch, 1983; Kline, 1994). Guilford (1954) ya recomendaba un tamaño de muestra mínimo de 200 casos y Cattell (1978) opinaba que un N entre 200-250 casos sería aceptable aunque proponía 500 como un buen tamaño muestral. Recientemente, De Winter,

Dodou y Wieringa (2009) señalan que un $N=50$ es un valor mínimo razonable.

Cuando se trata de considerar la proporción de número de casos por variable medida no existe acuerdo entre los investigadores. Gorsuch (1983) sugiere una proporción de cinco participantes por variable medida pero Nunnally (1978) y Everitt (1975) proponen una relación de 10:1 mientras que Hair, Anderson, Tatham y Grablovsky (1979) opinan que debería ser de 20:1.

Otro tipo de recomendaciones se centran en el estudio del valor de las comunalidades de los ítems o variables (Acito & Anderson, 1980) o en el número de variables por factor, p / f (Browne, 1968). La comunalidad del ítem expresa la parte de la variabilidad de cada variable o ítem (varianzas) que puede ser explicada por el conjunto de factores o componentes extraídos en el análisis. Se trata de la proporción de varianza en las puntuaciones del ítem que puede explicarse desde el conjunto de factores obtenido. Por ejemplo y utilizando la solución tipificada y un modelo de un único factor general, un peso factorial de 0.6 indica la importancia que tiene el factor en la determinación de la puntuación en ese ítem y se puede interpretar como la correlación entre el factor y el ítem. El cuadrado del peso del ítem en el factor es la denominada comunalidad del ítem. Cuanto mayor el valor de la comunalidad mayor es la importancia del factor (o factores) y por lo tanto menor es el error. El cuadrado de 0.6 señala que el factor general explicaría el 36% de la varianza de las puntuaciones en ese ítem, mientras que el 64% restante sería varianza de error. Si el modelo obtenido tiene dos factores entonces la comunalidad o varianza explicada del ítem se obtiene sumando los cuadrados de los pesos de los dos factores. Hair, Anderson, Tatham y Black (2004) señalan un valor mínimo de comunalidad de 0.50.

En definitiva, conseguir una estructura factorial estable es uno de los objetivos que se plantea un investigador al diseñar un instrumento de medida. Y para ello es necesario trabajar con un tamaño de muestra cuyo valor depende de un conjunto de parámetros. Los estudios de simulación señalan que el tamaño mínimo de la muestra realmente es una función de diversos

parámetros como el valor de las comunalidades de las variables y de los pesos, el número de variables por factor o el número de factores obtenidos (Gagné & Hancock, 2006; MacCallum, Widaman, Preacher & Hong, 2001; Velicer & Faba, 1998). MacCallum et al. (2001) señalan que la estabilidad de la estructura factorial mejora cuando se incrementa el tamaño de la muestra, las comunalidades aumentan y crece la proporción del número de variables o ítems por factor, p / f . Ferrando y Anguiano-Carrasco (2010) afirman que para identificar claramente un factor se necesitan un mínimo de cuatro variables o ítems con pesos substanciales en el mismo.

Conviene tener en cuenta que el análisis previo de las variables que van a ser incluidas en el AFE es esencial. La medida en escala de intervalo al menos y la relación lineal entre las variables son supuestos que deben cumplirse para aplicar de forma eficaz el AFE. La graduación de la escala tipo Likert utilizada y el análisis de las distribuciones de las variables o ítems son tareas que debe abordar el investigador antes de iniciar su AFE. La técnica actúa de forma más eficaz cuando la escala Likert es de 5 o más categorías y las distribuciones son simétricas.

Como Ferrando y Anguiano-Carrasco (2010) señalan, si los factores están bien determinados y las variables tienen poco error de medida se podrán alcanzar soluciones estables con relativamente poca muestra. En última instancia, la replicación de la estructura factorial en diferentes muestras es la mejor garantía de estabilidad de los factores que forman la estructura de un cuestionario.

Crterios seguidos para la realización del AFE

Una vez que se ha determinado que el análisis factorial exploratorio es una técnica adecuada para reducir las variables originales a un número de factores que ofrezca la misma información, el investigador debe decidir qué método de estimación o de extracción de los factores va a utilizar. La elección del método depende de: 1) el objetivo del investigador, 2) el cumplimiento de los supuestos del modelo y 3) de la utiliza-

ción o no de estadísticos de bondad de ajuste. Existen diversos métodos cada uno de ellos con sus ventajas e inconvenientes y si los pesos son altos (mayores a 0.50), los resultados de todos los procedimientos serán muy parecidos del mismo modo que si el número de variables es mayor de 20 (Nunnally, 1978).

Una clasificación general divide los modelos en función del método de extracción de los factores en modelos de factor común o análisis factorial propiamente dicho y en modelos de componentes principales (Gorsuch, 1983; Pérez & Santín, 2007). La principal diferencia entre ellos es el propósito de investigación; por ejemplo, el modelo de factor común pretende conocer la estructura de las variables latentes que explican la relación entre las variables medidas. En cambio, el modelo de componentes principales tiene como objetivo reducir el número de variables creando una combinación lineal que explique el mayor porcentaje de varianza sin interpretar los resultados en términos de constructos latentes. En el análisis de componentes principales se analiza toda la varianza, la común y la no común y con el análisis de factores comunes (que es el análisis factorial propiamente dicho) sólo se analiza la varianza compartida.

Con el objetivo de ampliar la capacidad de decisión de los futuros usuarios del AFE, reproducimos la información aportada por Fabrigar et al. (1999), sobre los métodos de análisis factorial de máxima verosimilitud y el análisis factorial de ejes principales, que junto al método de extracción de componentes principales se identifican como los más utilizados en la literatura psicológica. Estos autores señalan que la principal ventaja del método de análisis factorial de *máxima verosimilitud* es que permite el cálculo de una amplia gama de índices sobre la bondad de ajuste del modelo, aunque, en contrapartida, exige que los datos cumplan la hipótesis de normalidad multivariante. Paralelamente, argumentan que el método de *ejes principales* es adecuado cuando los datos no están normalmente distribuidos, sin embargo proporcionan datos más limitados en cuanto a la bondad de ajuste, sobre todo si la muestra es pequeña. Otro tipo de método de extracción factorial es el de mínimos cuadrados

generalizados que, aunque es menos utilizado, tiene la ventaja de que genera la prueba de bondad de ajuste chi-cuadrado y no es tan exigente en el cumplimiento de supuestos. Este método minimiza la suma de diferencias cuadráticas entre matrices de correlación observada y reproducida, ponderando las correlaciones con la inversa de la especificidad de las variables.

Otra cuestión importante que deberá decidir el investigador es elegir el tipo de rotación de los factores. Los métodos de rotación intentan aproximar la solución factorial al *principio de estructura simple* (Thurstone, 1935) que define que cada factor debe tener un conjunto de variables con unos pesos altos y otros próximos a cero. Se distinguen dos tipos de rotaciones en función de si los factores rotados siguen siendo ortogonales o no: la rotación *ortogonal* y la rotación *oblicua*.

En la rotación ortogonal los ejes se rotan de forma que quede resguardada la inter-correlación entre los factores y se aplica cuando se supone que los factores en la población no están correlacionados entre sí, y por tanto es adecuada cuando se extraen los factores a partir de componentes principales que permiten obtener dimensiones independientes.

La rotación oblicua se aplica cuando se supone que los factores en la población están fuertemente correlacionados (Bisquerra, 1989). En general, la rotación oblicua es preferible dada la correlación que suele existir entre los factores. En Ciencias Sociales por ejemplo, es necesario asumir cierta correlación entre los factores ya que en la realidad difícilmente podremos identificar dimensiones completamente independientes las unas de las otras (Costello & Osborne, 2005).

Por otro lado, en la medida en que la finalidad del AFE es identificar una estructura resumida y simplificada de las variables, el investigador debe decidir a partir de qué criterio o criterios identificará el número de factores o componentes a retener (Fabrigar et al., 1999; Zwick & Velicer, 1986). Existen diversos criterios, como por ejemplo determinar los factores a priori cuando se tienen hipótesis sobre cuántos factores son y cuáles, el criterio de Kaiser (1960) basado en el valor propio o "*eigenvalue* mayor que uno", la *prueba de scree* (Cattell, 1966), o el análi-

sis paralelo (Horn, 1965). Esta última prueba permite obtener autovalores para cada uno de los factores y se ha definido como un criterio más objetivo que la regla de Kaiser (Ruiz & San Martín, 1992). Aunque el análisis paralelo no se incluye en los principales paquetes estadísticos, O'Connor (2000) aporta los pasos a seguir para realizar dicho análisis en el SPSS y SAS y Lorenzo-Seva y Ferrando (2006) desarrollan el programa FACTOR de análisis factorial exploratorio donde incorporan el análisis paralelo.

Informe de resultados

En la redacción del informe final de investigación es necesario incluir la información suficiente para que el lector pueda valorar críticamente la calidad de los resultados. Un resultado importante, que debe aparecer en el informe de resultados, es la tabla completa de las saturaciones factoriales (matriz factorial) donde se indica la contribución de cada variable a los factores o componentes. Paralelamente es imprescindible aportar el porcentaje de varianza total explicada para estar en condiciones de realizar una valoración global de los resultados obtenidos en la aplicación del análisis. En Ciencias Sociales es normal considerar como satisfactoria una solución que represente como mínimo el 60% de la varianza total (Hair et al., 2004).

La información relativa a las comunalidades también debe aparecer en el informe de resultados. Como ya se ha comentado, la comunalidad indica la proporción de varianza de cada variable que queda explicada por los factores identificados en el análisis. Este tipo de información constituye un buen indicador para establecer hasta qué punto una variable o ítem queda bien representada en el modelo factorial.

Una vez revisado los principales contenidos metodológicos del AFE presentamos a continuación los resultados de nuestro análisis de revisión documental sobre el uso que se hace del análisis factorial exploratorio en las investigaciones sobre el estudio del comportamiento del consumidor y del marketing. Finalmente, se proponen líneas de actuación ante la ejecución de un análisis factorial exploratorio dirigidas a maximizar la calidad de las pruebas aportadas por el AFE.

Método

Muestra de revistas

La metodología de nuestro estudio es de revisión documental. Para seleccionar las publicaciones objeto de estudio nos hemos basado en el trabajo desarrollado por Cerviño, Gómez y Cruz (2001). Estos investigadores llevan a cabo un trabajo con la finalidad de identificar qué revistas académicas españolas son las mejores para publicar en el área del comportamiento del consumidor y el marketing, y cuáles son consideradas las más prestigiosas y relevantes. Como conclusión destacan 5 revistas académicas que de una forma u otra forma son referentes para las publicaciones españolas. Estas publicaciones son: *Revista Española de Investigación de Marketing*, *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, *Información Comercial Española*, *Revista de Economía*, *Esic-Market*, y *Distribución y Consumo*.

Para el desarrollo de la presente investigación hemos considerado los trabajos publicados en estas 5 revistas en el periodo comprendido entre el año 2000 y el año 2010 (ambos inclusive). Teniendo presente este criterio, hemos revisado un total de 2.499 artículos para seleccionar 66 en los que se hacía uso del análisis factorial exploratorio (ver Tabla 1).

La revisión de los 66 artículos identificados como objetivo de la investigación aporta un total de 132 análisis factoriales exploratorios. En cada uno de ellos se han analizado por una parte las decisiones adoptadas por el investigador o los investigadores durante el proceso de ejecución del AFE y por otra parte la información incluida en la presentación del informe de resultados.

Instrumento de recogida de datos

El registro de los elementos metodológicos implicados en la ejecución del análisis factorial exploratorio se realizó con una plantilla que detalla los contenidos que la ejecución del AFE requiere. En concreto, la plantilla incluyó la valoración de los siguientes elementos en los 163 análisis factoriales exploratorios estudiados: justificación y uso de la técnica de AFE, uso posterior que se realiza de los resultados

Tabla 1
Artículos revisados e identificados como objeto del estudio

Revista	Artículos publicados en el periodo N	Artículos con Análisis Factorial Exploratorio N
Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa	444	24
Esic-Market	261	22
Revista Española de Investigación de Marketing	103	11
Información Comercial Española. Revista de Economía	1024	7
Distribución y Consumo	667	3
TOTAL	2499	66

del AFE, indicadores usados para el análisis de la matriz de correlaciones (índice KMO, test de esfericidad de Barlett, etc.), tamaño de la muestra utilizado en los estudios y tasa de observaciones por ítems analizados, método de extracción de los factores, tipo de rotación aplicada, criterio de retención de los factores, presentación de la matriz factorial obtenida, informe de la varianza explicada y redacción de la nominación de los factores obtenidos. La valoración fue realizada de forma independiente por los dos investigadores de este trabajo. No hubo conflicto en las decisiones adoptadas.

Resultados

Hemos estructurado los resultados en 3 bloques siguiendo el esquema de la presentación teórica de nuestro trabajo. En el primero se incluye la información relacionada con las *condiciones previas al AFE*, en el segundo se analizan *criterios seguidos para la realización del AFE*, y en el tercero se presenta la *descripción de los resultados de los análisis*.

Condiciones previas al AFE: justificación y uso de la técnica

En el 81.8% de los análisis evaluados se justifica ($n=108$), en mayor o menor medida, la finalidad del uso de la técnica. El 18.2% no mencionan ningún tipo de justificación para llevar a cabo el análisis factorial exploratorio. Al realizar un análisis más detallado de esta información (ver Tabla 2), se observa como los objetivos de investigación que plantea el investigador se centran principalmente en la reducción del número de variables y en el estudio de la dimensionalidad de los constructos analizados.

Cuando estudiamos el uso posterior que se hace de los resultados del análisis factorial exploratorio (ver Tabla 3), se encontró que un 20.5% de los casos llevan a cabo un análisis de cluster, otro 20.5% opta por un análisis de regresión y el 18.2% continúan con un análisis factorial confirmatorio. En este sentido, conviene señalar, como indican Henson y Roberts (2006), que el análisis factorial confirmatorio debería realizarse con una nueva muestra de datos ya que no es lógico estudiar la estructura de un conjunto de datos y después intentar confirmar dicha estructura partiendo de la misma fuente de datos. En algunas ocasiones, y atendiendo a consideraciones prácticas, se pueden seleccionar

Tabla 2
Detalle de la justificación del uso del AFE

	N	%
Reducir/resumir variables/información	29	26,9
Estudiar la multidimensionalidad	26	24,1
Aportar evidencias sobre la validez de constructo	20	18,5
Analizar la unidimensionalidad	17	15,7
Obtener dimensiones subyacentes	7	6,5
Depurar la escala de medida	6	5,5
Chequear el solapamiento de dimensiones	2	1,9
Describir los datos	1	0,9
TOTAL	108	100,0

submuestras y con una de ellas se realiza el AFE y con la otra el AFC.

Como se observa en la Figura 1, los resultados señalan que las pruebas más utilizadas por los investigadores para valorar la matriz de correlaciones son el *índice de medida de adecuación de la muestra KMO* y el *Test de esfericidad de Bartlett*, con un uso del 67.4% y un 52.3% respectivamente. También es necesario destacar el hecho de que en el 30.3% de los análisis estudiados, los investigadores no especifican en su trabajo ningún dato relacionado con dichos índices.

Respecto a la información que se aporta alrededor de estos indicadores, los resultados señalan que en el 95.2% de los casos en los que se utiliza el *Determinante* se aporta información complementaria a través del estadístico correspondiente. En el caso del *Test de Esfericidad de Bartlett* encontramos que en un 59.4% de los casos se aporta el valor del estadístico, en un 85.5% se indica su nivel de significación estadística y tan sólo en un 7.2% se indican los grados de libertad de la prueba estadística.

Cuando analizamos la información relativa al índice *KMO*, se observa que en el 82.0% de los casos se aporta el valor del estadístico. En la

Tabla 3
Análisis posterior a la ejecución del AFE

	N	%
Análisis cluster	27	20,5
Inclusión en un análisis de regresión	27	20,5
Análisis factorial confirmatorio	24	18,2
Inclusión en análisis de ecuaciones estructurales	13	9,8
Análisis factorial confirmatorio y ecuaciones estructurales	4	3,0
Regresión logística y análisis cluster	3	2,3
ANOVA	2	1,5
Análisis de la validez	1	,8
Ninguno	5	3,8
TOTAL	132	100,0

Tabla 4 se comparan las puntuaciones observadas en la revisión de artículos siguiendo el criterio de valoración propuesto por Kaiser (1974).

Por último, en el caso de la Medida de Adecuación de la Muestra (*MSA*) no se aportan en ningún trabajo datos concretos del estadístico correspondiente.

Condiciones previas al AFE: tamaño de la muestra

Como ya se ha comentado, el tamaño de la muestra es una cuestión importante dado que afecta a la precisión de los resultados. En la mayor parte de los análisis valorados en nuestro estudio (94.7%) se utilizan muestras iguales o superiores a 100 unidades (Ver Figura 2).

Una vez calculada la tasa de observaciones/número de variables y tabulada la información, observamos que en el 84.0% de los casos analizados la tasa se sitúa por encima de 10 observaciones por variable (26% una tasa entre 10:1 y 20:1, 22.1% una tasa entre 21:1 y 40:1 y el 35.9% una tasa superior a 40:1). Sólo el 16% de los trabajos utilizan una tasa inferior a 10:1.

Criterios para la realización del AFE: extracción de los factores

Los resultados señalan que el método más utilizado por los investigadores para extraer los factores en el AFE es el procedimiento de componentes principales (64.4% de los análisis) ya que prácticamente se utiliza en todos los casos donde el investigador ha dado información sobre

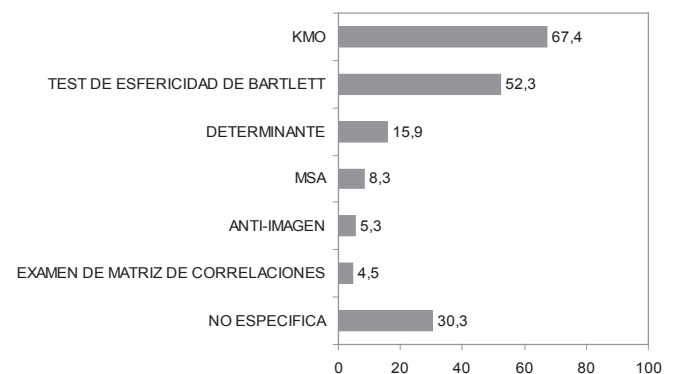


Figura 1. Indicadores usados para el análisis de la matriz de correlaciones

Tabla 4
Distribución de puntuaciones del KMO y criterios de valoración

Criterios de valoración propuestos por Kaiser (1974)		Distribución de las puntuaciones obtenidas en la revisión de artículos (%)
1,00 ³ KMO > 0,90	EXCELENTES	27,4
0,90 ³ KMO > 0,80	BUENOS	27,4
0,80 ³ KMO > 0,70	ACEPTABLES	20,6
0,70 ³ KMO > 0,60	MEDIOCRES	21,9
0,60 ³ KMO > 0,50	MALOS	2,7
0,00 ³ KMO ≤ 0,50	MUY MALOS	0,0

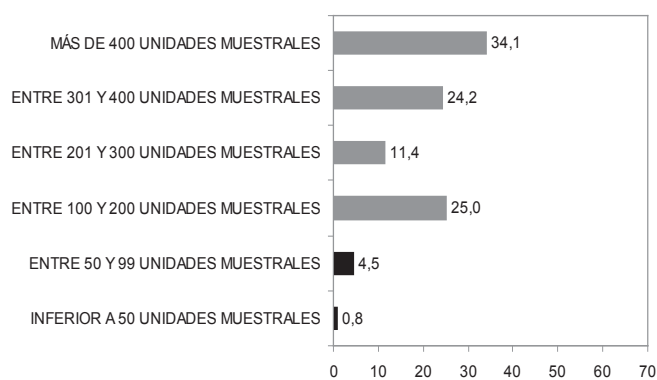


Figura 2. Tamaño de la muestra

la estrategia de extracción. Sólo en tres análisis se selecciona el método de ejes principales (2.3%) y en uno el de máxima verosimilitud (0.8%). En un 32.6% de los análisis factoriales exploratorios analizados el investigador no especifica en su informe el método utilizado para la extracción de factores.

Criterios para la realización del AFE: rotación de los factores

Los resultados obtenidos en la revisión realizada en nuestro trabajo señalan que el investigador no especifica el tipo de rotación o si ha realizado algún tipo de rotación factorial en el 33.3% de los análisis factoriales exploratorios analizados. En aquellos casos donde sí se señala el tipo de rotación se observa que el tipo más utilizado es el *ortogonal* con método varimax representando el 59.8%, seguido del método equamax con el 3.0%, y el método oblimin (rotación *oblicua*) con el 3.8%.

Criterios para la realización del AFE: criterios de retención de factores

Los resultados del estudio señalan que la práctica más generalizada es no especificar criterio alguno (75.0%). Cuando sí se concreta, se utiliza el *Criterio de Kaiser* (25.0%).

Informe de los resultados de los análisis: la matriz factorial

La presentación que realizan los investigadores de la matriz factorial en los informes o artículos de investigación suele tener ciertas peculiaridades que pueden impedir una lectura crítica de los resultados por el lector del informe. En las investigaciones analizadas es muy habitual incluir la matriz factorial incompleta (46.2% de los casos). Es decir, sólo se detallan los valores de las saturaciones en el factor con mayor peso y se deja en blanco la información para el resto de factores. Sólo el 28,0% de los análisis factoriales exploratorios ofrecen los datos completos a pesar de que el paquete estadístico siempre calcula la matriz completa. Destacar también que en el 25,8% de los análisis examinados no se aporta ningún tipo de información sobre la matriz factorial.

Informe de los resultados de los análisis: la varianza explicada

Los resultados de nuestro trabajo señalan que el 91.7% de los casos analizados el investigador ofrece información global sobre el porcentaje de varianza explicada obtenido con el análisis factorial exploratorio.

En concreto, el 19.8% de los casos analizados quedan situados por debajo del criterio mínimo del 60% de la varianza explicada comentado anteriormente, oscilando sus valores entre 50% y 59%. En el 45.5% de los AFE se informa de un valor entre 60% y 69% del porcentaje de varianza explicada y en el 34.7% el valor se sitúa en el 70% o más de varianza explicada. Solamente el 0.8% de los análisis factoriales exploratorios estudiados detallan un valor de varianza explicada menor al 50%.

Informe de los resultados de los análisis: comunalidades

El informe de las comunalidades de los ítems o variables no es una práctica extendida en los artículos que sobre AFE se llevan a cabo en el ámbito de la conducta del consumidor y el marketing. De hecho sólo en el 14.4% de los estudios analizados se aporta este tipo de datos en el informe de investigación.

Informe de los resultados de los análisis: nominación de los factores

La nominación de los factores debería ser una tarea obligada en los informes de investigación donde se utiliza análisis factorial exploratorio ya que con ello se facilita la interpretación del modelo factorial obtenido dando significado sustantivo a las dimensiones encontradas. En el 60.6% de los análisis evaluados, el investigador lleva a cabo la nominación sustantiva de los factores, mientras que en el 35.6% de los casos el investigador deja sin identificar de forma teórica los factores y en el 3.8% se utilizan nominaciones ya establecidas previamente en otros trabajos.

Discusión

El estudio de los 66 artículos publicados donde se han desarrollado los análisis factoriales exploratorios permite obtener una serie de conclusiones relacionadas con la conducta del investigador y el cumplimiento de las consideraciones metodológicas para realizar un AFE.

Los resultados señalan que en general, el tamaño de la muestra utilizado en los estudios de análisis factorial exploratorio es adecuado.

La mayoría de los trabajos revisados superan la referencia mínima de 10 unidades muestrales por cada ítem considerado. El análisis de la matriz de correlaciones de aquellos estudios donde sí se presenta señala que las investigaciones se realizan con datos que son aptos para ejecutar el análisis factorial exploratorio. También hay que destacar que el informe de la varianza explicada y la nominación de los factores es una práctica habitual y extendida entre los investigadores.

Sin embargo, hay una serie de mejoras que los investigadores deben adoptar cuando llevan a cabo un análisis factorial exploratorio. En primer lugar, el investigador debería prestar más atención al análisis previo de la matriz de correlaciones o covarianzas entre todas las variables o ítems. La técnica del AFE es más eficaz cuando las variables están altamente correlacionadas y para analizar dichas relaciones se puede observar el determinante de la matriz de correlaciones o el valor del test de esfericidad de Bartlett (1950). Si el determinante de la matriz de correlaciones es muy bajo entonces las correlaciones entre las variables serán altas, pero su valor no debe ser exactamente cero (matriz no singular) ya que en ese caso las variables serían linealmente dependientes. El test de Bartlett permite contrastar la hipótesis de nulidad de ausencia de correlación entre las variables. Si se rechaza la hipótesis nula se concluye que sí existe relación entre las variables (Tabachnick & Fidell, 2001). El índice de medida de adecuación de la muestra KMO también permite analizar el grado de relación conjunta de las variables. La amplitud de valores del KMO oscila entre 0 y 1 de manera que cuanto mayor es el valor, mayor relación existe entre los ítems o variables. Kaiser (1970) establece que la matriz de correlación será apropiada para factorizar si el valor de KMO es igual o superior a 0.80. Otros métodos que permiten analizar la correlación entre las variables son la Medida de Adecuación de la Muestra (MSA) y la matriz de correlación anti-imagen que es el negativo del coeficiente de correlación parcial (la correlación entre dos variables se parcializa teniendo en cuenta el resto de variables incluidas en el estudio). En la diagonal de la matriz de correlaciones anti-imagen se encuentran

las medidas de adecuación de la muestra para cada variable. Los valores de la diagonal de dicha matriz de correlaciones deben tener valores próximos a uno y el resto de elementos deben ser pequeños para que sea razonable aplicar el Análisis Factorial Exploratorio.

Además, se observa en los resultados una excesiva incidencia del método de componentes principales y una escasa atención al criterio de retención de factores. Esta situación nos permite suponer que, mayoritariamente, se están utilizando las opciones incorporadas por defecto en el paquete de análisis de datos de uso más extendido (por ejemplo SPSS). El método de extracción de factores y el criterio considerado para la retención de los mismos constituyen dos de las decisiones más importantes en la aplicación del AFE. Si tenemos en cuenta los resultados de nuestro estudio se podría llegar a la conclusión de que el método de componentes principales al ser el más usado es también el más idóneo. Sin embargo no es así. Este método tiene la ventaja de que siempre proporciona una solución pero tiene el inconveniente de que al no estar basado en el modelo de análisis factorial puede llevar a estimadores muy sesgados de la matriz de cargas factoriales, sobre todo si existen variables con comunalidades bajas.

Los resultados de nuestro estudio señalan un escaso uso de otros métodos distintos al de componentes principales, a pesar de que se encuentran a disposición del investigador en los paquetes de análisis estadístico. Costello y Osborne (2005) intentan explicar esta situación a partir de la falta de información que tienen los investigadores sobre las fortalezas y debilidades de cada uno de los métodos disponibles, optando por el modelo que el paquete estadístico ofrece por defecto.

Los resultados de nuestro trabajo señalan que la práctica más generalizada es no especificar el criterio para retener los factores. Cuando los investigadores sí lo concretan, el criterio de Kaiser es el preferido o el más utilizado. En este sentido, Thompson y Daniel (1996) ya demostraron el mayor uso de este criterio. Sin embargo, existe cierto consenso a la hora de catalogarlo como uno de los métodos menos exactos para

seleccionar el número de factores a conservar (Velicer & Jackson, 1990).

También es importante que el investigador sea más cuidadoso con el informe de la matriz factorial. En este sentido, siempre se debería aportar la matriz factorial completa para que el lector pueda valorar en detalle la contribución de cada variable a la estructura factorial. De este modo se facilita la lectura crítica de los resultados de investigación (Frías-Navarro, 2011).

Por otro lado, los resultados señalan un uso generalizado en la aplicación de la rotación ortogonal/varimax sin llegar a valorar de forma razonada la presencia de correlación o no entre los factores. Además el estudio de los valores de las comunalidades de los ítems o variables no suele ser abordado. Por ello, es necesario que los investigadores presten mayor atención al análisis e informe de las *comunalidades* para poder identificar, si es el caso, variables que no deberían ser tenidas en cuenta a la hora de realizar el AFE o al interpretar sus resultados. El problema que señalan Ferrando y Anguiano-Carrasco (2010) del paquete conocido como "Litte Jiffy: Componentes principales, valores propios mayores que uno y rotación varimax" está presente en el área de investigación analizada en nuestro estudio. Sólo el empleo justificado de esas prácticas otorga sentido a su uso.

Por último y aunque no es una práctica demasiado extendida, sí se observa cierta tendencia a realizar, con la misma muestra del AFE, un Análisis Factorial Confirmatorio cuando lo adecuado es utilizar un conjunto de datos distinto ya sean muestras diferentes o submuestras distintas.

El estudio de las prácticas en la aplicación del análisis factorial exploratorio nos ha permitido elaborar un protocolo de recomendaciones en la ejecución de dicho análisis con el objetivo de mejorar la calidad de la aplicación del AFE por los investigadores y también para mejorar la calidad del informe elaborado por los investigadores. Dicho protocolo se denomina PAFE (Protocolo del Análisis Factorial Exploratorio) (Ver Apéndice A). Este protocolo se enmarca en la línea de investigación que nuestro equipo desarrolla sobre los usos y abusos de las pruebas de significación estadística y de las técnicas de

análisis en general. Todo ello dentro del marco de la cognición y educación estadística y el desarrollo del pensamiento crítico y meta-analítico entre los investigadores y los lectores de los trabajos de investigación.

Los resultados de este estudio sugieren que la conducta del investigador requiere una educación estadística que garantice la calidad de los análisis y la validez de los resultados obtenidos, siempre siguiendo el protocolo de actuación que la técnica requiera. Sólo así se podrá ofrecer al lector una información útil y válida que pueda

contrastar con su propio criterio y experiencia. Disponer de pruebas basadas en la mejor evidencia es el primer paso para poder acumular conocimiento científico.

El estudio de las prácticas metodológicas del investigador en los diferentes campos de las ciencias sociales (clínica, educación, personalidad, etc.) es una tarea que debe ser realizada junto con la aportación de reflexiones de educación estadística que mejoren la calidad de los resultados de las investigaciones.

Apéndice A

Protocolo de valoración del Análisis Factorial Exploratorio (protocolo PAFE)

Planificación del trabajo de campo

-Análisis de las motivaciones para usar la técnica:

¿Están claros y justificados los objetivos que se pretenden conseguir con la aplicación de la técnica de AFE?

-Determinación del tamaño de la muestra:

Teniendo en cuenta el número de ítems, ¿el tamaño de la muestra es suficiente?

Recomendación: utilizar como mínimo una ratio de 10 observaciones por variable / ítem.

-Relación entre las variables y nivel de medida de las variables:

¿Las variables están medidas como mínimo a nivel de intervalo?

¿La relación entre las variables es lineal?

Ejecución del Análisis Factorial Exploratorio

Consideraciones previas al análisis factorial

-Análisis de la matriz de correlaciones:

¿La matriz de correlaciones es adecuada para la aplicación del análisis factorial?

Recomendación: utilizar un mínimo de tres indicadores (test de esfericidad de Bartlett, determinante de la matriz de correlaciones, índice KMO, matriz de correlación anti-imagen, el índice MSA, el coeficiente de correlación múltiple...).

Aplicación del Análisis Factorial Exploratorio

-Decidir el método de extracción de factores:

¿Se decide el método de extracción con un criterio justificado?

Recomendación: Componentes Principales cuando sólo se busca la reducción de información o se pretende establecer alguna teoría o modelo de manera incipiente, Máxima Verosimilitud cuando se necesiten índices sobre la bondad de ajuste del modelo (se exige cumplimiento de la hipótesis de normalidad multivariante), Ejes Principales cuando no se cumple la normalidad multivariante.

-Decidir el tipo de rotación:

¿Se tiene claro si se utiliza rotación, qué tipo y por qué?

Recomendación: ortogonal para factores no correlacionados entre sí, y rotación oblicua para factores correlacionados entre sí.

-Determinar los criterios para retención de factores:

¿Se utiliza más de un criterio para retener los factores?

Recomendación: llevar a cabo la toma de decisión a partir de reglas o criterios múltiples.

-Valoración del porcentaje de varianza explicada:

¿El porcentaje de varianza explicado alcanza un nivel adecuado?

Recomendación: mantener la referencia mínima del 60% de varianza total explicada.

-Análisis de las comunalidades:

¿Se analizan las comunalidades?

Recomendación: variables con comunalidades bajas deberían ser eliminadas del análisis.

-Análisis de la matriz factorial:

¿La matriz factorial se presenta completa?

Recomendación: detallar siempre la matriz completa con las saturaciones factoriales en todos los factores y cuando la muestra es superior a 100 unidades considerar las cargas factoriales iguales o superiores a $\pm 0,40$.

-Nominación de factores:

¿Los factores tienen una denominación sustantiva o teórica?

Referencias

- Abad, F.J., Olea, J., Ponsoda, V., & García, C. (2011). *Medición en ciencias sociales y de la salud*. Madrid: Síntesis.
- Acito, F., & Anderson, R.D. (1980). A Monté Carlo comparison of factor analytic methods. *Journal of Marketing Research*, 17, 228-236.
- Bartlett, M.S. (1950). Tests of significance in factor analysis. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 3, 77-85.
- Bisquerra, R. (1989). *Introducción conceptual al análisis multivariable. Un enfoque informático con los paquetes SPSS-X, BMDP, LISREL y SPAD*. Barcelona: PPU.
- Browne, M.W. (1968). A comparison of factor analytic techniques. *Psychometrika*, 33, 267-334.
- Cattell, R.B. (1966). The Scree test for the number of factors. *Multivariate Behavioral Research*, 1, 245-276.
- Cattell, R.B. (1978). *The scientific use of factor analysis in behavioral and life sciences*. New York, NY: Plenum Press.
- Cerviño, J., Gómez, M., & Cruz, I. (2001). Valoración y preferencia de las revistas académicas en el área de marketing: una aplicación del análisis conjunto. *Información Comercial Española, ICE: Revista de Economía*, 795, 155-178.
- Comrey, A.L. (1978). **Common methodological problems in factor analytic studies**. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 46, 648-659.
- Conway, J.M., & Huffcutt, A.I. (2003). A review and evaluation of exploratory factor analysis practices in organizational research. *Organizational Research Methods*, 6, 147-168.
- Cook, T.D., & Campbell, D.T. (1979). *Quasi-experimentation: design and analysis issues for field settings*. Chicago, IL: Rand McNally.
- Costello, A.B., & Osborne, J. (2005). Best practices in exploratory factor analysis: four recommendations for getting the most from your analysis. *Practical Assessment Research & Evaluation*, 10, 1-9.
- De Winter, J.C.F., Dodou, D., & Wieringa, P.A. (2009). Exploratory factor analysis with small sample sizes. *Multivariate Behavioral Research*, 44, 147-181.
- Everitt, S. (1975). Multivariate analysis: The need for data, and other problems. *British Journal of Psychiatry*, 126, 237-240.
- Fabrigar, L.R., Wegener, D.T., MacCallum, R.C., & Strahan, E.J. (1999). Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research. *Psychological Methods*, 4, 272-299.
- Ferrando, P.J., & Anguiano-Carrasco, C. (2010). El análisis factorial como técnica de investigación en Psicología. *Papeles del Psicólogo*, 31, 18-33.
- Ford, J.K., MacCallum, R.C., & Tait, M. (1986). **The application of exploratory factor analysis in applied psychology: A critical review and analysis**. *Personnel Psychology*, 39, 291-314.
- Frias-Navarro, D. (2011). *Técnica estadística y diseño de investigación*. Valencia: Palmero Ediciones.
- Gagné, P., & Hancock, G.R. (2006). Measurement model quality, sample size, and solution propriety in confirmation factor models. *Multivariate Behavioral Research*, 41, 65-83.
- García, E., Gil, J., & Rodríguez, G. (2000). *Análisis factorial*. Madrid: La Muralla. Colección Cuadernos de Estadística.
- Gorsuch, R.L. (1983). *Factor analysis* (2nd Ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Guilford, J.P. (1954). *Psychometric methods*. New York (NY): McGraw-Hill.
- Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L., & Black, W.C. (2004). *Análisis Multivariante*. Madrid: Pearson.
- Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L., & Grablowsky, B.J. (1979). *Multivariate data analysis*. Tulsa, OK: Pipe Books.
- Henson, R.K., & Roberts, J.K. (2006). Use of exploratory factor analysis in published research. *Educational and Psychological Measurement*, 66, 393-416.

- Horn, J.L. (1965). A rationale and test for the number of factors in factor analysis. *Psychometrika*, 30, 179-185.
- Jarvis, C.B., MacKenzie, S.B., & Podsakoff, P.M. (2003). A critical review of construct indicators and measurement model misspecification in marketing and consumer research. *Journal of Consumer Research*, 30, 199-218.
- Kaiser, H.F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 141-151.
- Kaiser, H.F. (1970). A second generation little jiffy. *Psychometrika*, 35, 401-415.
- Kaiser, H.F. (1974). An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, 39, 31-36.
- Kline, P. (1994). *An easy guide to factor analysis*. Londres: Routledge.
- Lorenzo-Seva, U., & Ferrando, P.J. (2006). FACTOR: A computer program to fit the exploratory factor analysis model. *Behavior Research Methods*, 38, 88-91.
- MacCallum, R.C., Widaman, K.F., Preacher, K.J., & Hong, S. (2001). Sample size in factor analysis: The role of model error. *Multivariate Behavioral Research*, 36, 611-637.
- Monterde-i-Bort, H., Frías-Navarro, D., & Pascual-Llobell, J. (2010). Uses and abuses of statistical significance tests and other statistical resources: a comparative study. *European Journal of Psychology of Education*, 25, 429-447.
- Navarro, M.D.F., Llobell, J.P., & Pérez, J.F.G. (2000). **Tamaño del efecto del tratamiento y significación estadística**. *Psicothema*, 12, 236-240.
- Nunnally, J.C. (1978). *Psychometric theory* (2nd Ed.). New York: McGraw-Hill.
- O'Connor, B.P. (2000). SPSS and SAS programs for determining the number of components using parallel analysis and Velicer's MAP test. *Behavior Research Methods, Instrumentation, and Computers*, 32, 396-402.
- Pérez, C., & Santín, D. (2007). *Minería de datos. Técnicas y herramientas*. Madrid: Paraninfo.
- Peter, J.P. (1981). Construct validity: A review of basic issues and marketing practices. *Journal of Marketing Research*, 18, 133-145.
- Schmitt, T. A. (2011). Current methodological considerations in exploratory and confirmatory factor analysis. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 29, 304-321.
- Soler, M.P., Llobel, J.P., Navarro, M.D.F., & Remírez, J.R. (2006). Calidad de servicios en supermercados: una propuesta de medición. *Psicothema*, 18, 661-667.
- Tabachnick, B.G., & Fidell, L.S. (2001). *Using multivariate statistics*. New York, NY: Harper & Row.
- Tinsley, H.E.A., & Tinsley, D. J. (1987). Uses of factor analysis in counseling psychology research. *Journal of Counseling Research*, 34, 414-424.
- Thompson, B. (2004). *Exploratory and confirmatory factor analysis: Understanding concepts and applications*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Thompson, B., & Daniel, L.G. (1996). Factor analytic evidence for the construct validity of scores: A historical overview and some guidelines. *Educational and Psychological Measurement*, 56, 197-208.
- Thurstone, L.L. (1935). *The vectors of mind*. Chicago: Chicago University Press.
- Velicer, W.F., & Faba, J.L. (1998). Effects of variable and subject sampling on factor pattern recovery. *Psychological Methods*, 3, 231-251.
- Velicer, W.F., & Jackson, D.N. (1990). Component analysis versus common factor-analysis: Some further observations. *Multivariate Behavioral Research*, 25, 97-114.
- Yela, M. (1997). *La técnica del análisis factorial. Un método de investigación en psicología y pedagogía*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Zwick, W.R., & Velicer, W.F. (1986). Comparison of five rules for determining the number of components to retain. *Psychological Bulletin*, 99, 432-442.