

Introducción al análisis multivariante

Julio Meneses

PID_00199865

Material docente de la UOC

Julio Meneses

Primera edición: febrero 2016
© Julio Meneses
Todos los derechos reservados
© de esta edición, FUOC, 2016
Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona
Diseño: Manel Andreu
Realización editorial: Oberta UOC Publishing, SL
Depósito legal: B-5.961-2016

Se garantiza permiso para copiar, distribuir y modificar este documento según los términos de la GNU Free Documentation License, Version 1.3 o cualquiera posterior publicada por la Free Software Foundation, sin secciones invariantes ni textos de cubierta delantera o trasera. Pueden consultarse los términos de la licencia en <http://www.gnu.org/licenses/fdl-1.3.html>.

Introducción

«You can't fix by analysis what you bungled by design.»

Light, Singer y Willet, 1990, pág. viii.

El análisis multivariante puede contribuir a enriquecer el debate público sobre los fenómenos objeto de interés para los profesionales y los investigadores sociales gracias a la oportunidad que les ofrece para llevar a cabo un análisis complejo de los datos obtenidos en sus estudios. Al servicio de la investigación cuantitativa, y como extensión de las técnicas de análisis univariante y bivariante, el análisis multivariante tiene como propósito principal modelar las múltiples relaciones existentes entre diversas variables de forma simultánea. La construcción de modelos multivariantes cumple, pues, un importante papel en el desarrollo de las diferentes disciplinas de las ciencias sociales y, por lo tanto, requiere de una atención especial en la formación de los futuros profesionales e investigadores. Conocer su lógica, las características específicas de las diferentes técnicas disponibles, los objetivos particulares que permiten alcanzar y las condiciones en que pueden ser utilizados son algunos de los retos importantes a que nos enfrentaremos en este texto introductorio.

Para hacerlo, a lo largo de los próximos módulos nos adentraremos en los aspectos teóricos y prácticos involucrados en el análisis multivariante de los datos como el marco analítico general que se propone analizar e interpretar las relaciones simultáneas entre diversas variables mediante la construcción de modelos estadísticos complejos, los cuales permiten distinguir la contribución independiente de cada una de ellas en el sistema de relaciones y, de este modo, describir, explicar o predecir los fenómenos objeto de interés. La clave de este marco analítico general no se encuentra, por lo tanto, en el hecho de que los investigadores dispongan de múltiples variables, sino en la capacidad que las diferentes técnicas disponibles les ofrecen para estimar el peso específico o la importancia relativa de cada una de las variables consideradas en los modelos. En este sentido, como veremos a continuación, el análisis multivariante puede proporcionar las evidencias necesarias que permitan establecer inferencias a partir de la observación de asociaciones entre las variables, de forma que sea posible extraer conclusiones no sesgadas que, además, sean generalizables más allá de los límites de los estudios particulares.

Este no es un objetivo menor y, de hecho, está íntimamente relacionado con la naturaleza del diseño utilizado en la investigación. Es por esta razón por lo que, teniendo en cuenta las palabras de Light, Singer y Willet (1990), los investigadores no tienen que recurrir a las potencialidades que ofrece el análisis multivariante para intentar resolver los eventuales problemas que puedan surgir en el supuesto de que su investigación no haya sido correctamente diseñada o desarrollada. Al contrario, la construcción de modelos multivariantes

adquiere todo su sentido en relación con el procedimiento general establecido en la investigación cuantitativa, que, en último término, es lo que permite que los investigadores dispongan de las garantías suficientes para decidir si las múltiples asociaciones simultáneas observadas entre sus variables son una evidencia adecuada para determinar, con una cierta confianza, la existencia de relaciones extrapolables al conjunto de la población que representa su muestra de participantes.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, empezaremos nuestra exposición con un primer módulo dedicado a la introducción de los aspectos básicos del análisis multivariante. En este sentido, tomando como punto de partida un estudio clásico sobre la discriminación por razón de género de la Universidad de Berkeley, la discusión de este caso controvertido nos servirá para introducir algunos conceptos importantes, como la asociación, la confusión y la causalidad, reconocer de forma explícita la importancia del diseño de la investigación para poder extraer conclusiones no sesgadas que sean generalizables y ofrecer una definición formal que nos permita situar el análisis multivariante como el marco analítico general que permite modelar las múltiples relaciones existentes, entre las diferentes variables involucradas en una investigación de forma simultánea. A continuación, desarrollaremos las implicaciones de esta definición describiendo sus objetivos principales y presentaremos una clasificación general de las diferentes técnicas disponibles, que nos servirá para ofrecer una panorámica general sobre sus características y las condiciones en que pueden ser utilizadas, de forma que, finalmente, los investigadores puedan disponer de una guía que les permita escoger la técnica que mejor se ajuste a su investigación. Concluiremos esta introducción general con una discusión de algunos de los principios que, en el contexto de la investigación cuantitativa, rigen las diferentes fases con las que es posible estructurar el proceso de construcción de modelos multivariantes, y aprovecharemos la recapitulación de estas fases para proporcionar una perspectiva de conjunto sobre las cuestiones más importantes introducidas a lo largo del módulo.

Planteadas las bases a partir de las cuales desarrollaremos el resto del texto, los módulos que siguen a esta introducción general servirán para exponer algunas de las técnicas de análisis multivariante más importantes. Teniendo en cuenta que, por razones de espacio, la diversidad de técnicas disponibles nos impide abordar en detalle todas y cada una de ellas, limitaremos nuestra atención a una selección de las más representativas en función de los dos grandes contextos con los que, como veremos más adelante, es posible organizar los diferentes tipos de relaciones que el análisis multivariante permite estudiar. Por un lado, desde el punto de vista del análisis de las relaciones de interdependencia, trataremos algunas de las técnicas que permiten describir la estructura compartida por un conjunto de variables, que no pueden ser identificadas ni como dependientes ni como independientes, con la intención de determinar la existencia de una dimensión hipotética subyacente que, a pesar de no ser directamente observable, podría resultar interesante interpretar. En este sentido, el segundo módulo abordará el análisis de componentes principales y el análisis

factorial, dando paso a continuación al tercero, que se ocupará del análisis de correspondencias y del escalamiento multidimensional. Por otro lado, desde el punto de vista de las relaciones de dependencia, trataremos algunas de las técnicas que permiten explicar o predecir las variables dependientes a partir de las independientes, con el objetivo de controlar el efecto de cualquier factor o variable de confusión que pudiera interferir en las relaciones que son realmente de interés para la investigación. En este sentido, el cuarto módulo abordará la regresión múltiple y la regresión logística y, a continuación, el quinto se ocupará del análisis de la varianza y el análisis multivariante de la varianza. Finalmente, cerraremos este texto con el sexto módulo, que nos servirá para ofrecer una introducción general a las ecuaciones estructurales, una técnica avanzada que permite analizar simultáneamente relaciones de dependencia y de interdependencia entre las variables.

Todos estos módulos se organizan a partir de una estructura compartida que nos servirá para exponer en detalle las características de las diferentes técnicas de análisis multivariante seleccionadas. En este sentido, empezaremos ofreciendo una definición de cada una de las técnicas y presentaremos los objetivos específicos que permiten alcanzar. A continuación, describiremos las condiciones particulares en las que las técnicas pueden ser utilizadas y nos detendremos en el procedimiento general que los investigadores tienen que seguir para construir con éxito sus modelos multivariantes. Un ejemplo basado en la utilización de datos reales obtenidos en una investigación nos servirá para poner en práctica todas estas cuestiones y, finalmente, un apartado de conclusiones nos permitirá cerrar nuestra exposición sugiriendo algunos aspectos avanzados adicionales que el lector interesado tendría que tener en cuenta para poder profundizar, más allá de los límites de esta introducción general, en la utilización de las diferentes técnicas de análisis multivariante. Asimismo, es importante tener en cuenta que los ejemplos que nos servirán para ilustrar de manera práctica la exposición de las diferentes técnicas abordadas en los respectivos módulos tienen dos características en común.

Por un lado, este texto utiliza los datos de acceso abierto proporcionados por el European Social Survey (ESS), particularmente los correspondientes a la sexta oleada, la última disponible en el momento de escribir este texto, llevada a cabo en el año 2012 en España. El ESS es un proyecto de investigación internacional promovido a principios de los años 2000 por la European Science Foundation, con el apoyo de los diferentes programas marco de la Comisión Europea y las agencias nacionales de investigación de los países participantes. El objetivo principal de este proyecto es obtener información sobre la evolución de las actitudes y los comportamientos de los ciudadanos europeos en relación con un conjunto amplio de cuestiones vinculadas con los valores morales, las creencias religiosas, las relaciones sociales, la participación política y la actividad económica. Más allá de los valiosos datos que proporciona, el ESS nació también con la vocación de impulsar el desarrollo de la investigación cuantitativa basada en cuestionarios, promoviendo la colaboración de los investigadores sociales de la treintena de países que han participado hasta ahora

en el diseño de los instrumentos, la construcción de las diferentes muestras nacionales de participantes y la organización del proceso de administración y codificación de sus respuestas, con el objetivo de obtener medidas confiables que permitan un análisis comparado de sus resultados con una periodicidad bianual.

También, pese a la diversidad en el software estadístico especializado disponible, este texto se basa en la utilización de Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) como herramienta de apoyo en la computación estadística de los modelos multivariantes. SPSS es, sin duda, uno de los softwares más extendidos en las ciencias sociales gracias a la sencillez de la interfaz gráfica de que dispone, la posibilidad de utilizar una sintaxis propia para documentar o reproducir el análisis, la gran variedad de técnicas estadísticas que permite utilizar y la claridad con que presenta, en sus salidas, todos los detalles relacionados con los resultados del análisis llevado a cabo. El lector interesado, sin embargo, no tendrá grandes dificultades para adaptar nuestra exposición a otros softwares diferentes, como por ejemplo SAS, STATA o R, que de forma general ofrecen procedimientos similares que permiten lograr los mismos objetivos. De hecho, en un momento en que el apoyo de los diferentes softwares estadísticos especializados facilita enormemente la ejecución del análisis estadístico de los datos, lo que resulta realmente relevante no es tanto la familiaridad con ellos, sino la comprensión de cada una de las decisiones que los investigadores tienen que tomar para llegar a construir con éxito sus modelos multivariantes.

En este sentido, es conveniente tener presente que esta introducción al análisis multivariante no es una guía exhaustiva sobre los diferentes aspectos vinculados con el uso de SPSS ni, tampoco, sobre las particularidades de la explotación de los datos proporcionados por el ESS. En este sentido, nuestro texto asume que el lector no solo dispone de una formación estadística general en relación con la aplicación de las técnicas de análisis univariante y bivalente, sino que también tiene unas nociones elementales sobre el uso de SPSS o algún otro software estadístico equivalente y unos conocimientos básicos sobre los instrumentos y los procedimientos que ha desarrollado el ESS para llevar a cabo sus trabajos de campo. Si no es así, más allá de la lectura atenta de sus manuales (IBM, 2015a y 2015b), es posible encontrar una interesante introducción a los aspectos más básicos de SPSS a los libros de Field (2013), Pallant (2013) o Brace, Snelgar y Kemp (2012). En cuanto al ESS, su web (<http://www.europeansocialsurvey.org>) es una referencia obligada para conseguir toda la información relativa a sus objetivos y funcionamiento, los cuestionarios y los manuales que utiliza para su administración en cada oleada en los diferentes países involucrados y, previo registro del interesado, el acceso a todas sus bases de datos de forma gratuita.

Para acabar, reconociendo que por razones de espacio no resulta posible tratar todas las técnicas disponibles en una introducción general como esta, ni hacerlo con toda la profundidad que pueden dedicar otras contribuciones más avanzadas, el lector interesado puede encontrar varios manuales sobre análi-

sis multivariante que pueden ayudar a complementar y ampliar nuestra aproximación. Más allá de la selección de obras internacionales que presentamos en la bibliografía anotada que acompaña esta presentación, disponemos de algunos manuales publicados en nuestro entorno más cercano que sería conveniente tener en cuenta, como, por ejemplo, los de Martínez (1999), Díaz (2002), Catena, Ramos y Trujillo (2003), Pérez (2004), Ximénez y San Martín (2004) o De la Garza, Morales y González (2013).

Objetivos

Esta asignatura tiene como objetivo general conocer los fundamentos del análisis multivariante como marco analítico general que permite modelar las múltiples relaciones existentes entre diversas variables de forma simultánea.

Más allá de este objetivo general, tiene como objetivos específicos:

1. Situar el análisis multivariante en el contexto general del análisis estadístico de los datos obtenidos en la investigación cuantitativa.
2. Saber identificar los escenarios particulares donde el análisis multivariante puede ser apropiado para responder a los objetivos de la investigación.
3. Entender las implicaciones del diseño de la investigación en la obtención de conclusiones no sesgadas que, además, sean generalizables.
4. Saber identificar los dos contextos, de dependencia y de interdependencia, en los que es posible organizar las relaciones entre las diferentes variables involucradas en una investigación.
5. Conocer los diferentes tipos de técnicas de análisis multivariante disponibles, sus características principales y las condiciones en las que pueden ser utilizados en la práctica.
6. Saber escoger la técnica más adecuada en función de la pregunta u objetivo general que motiva la investigación, y las características de los datos que proporciona para ofrecer una respuesta.
7. Entender los principios generales que rigen la construcción de modelos multivariantes y las diferentes fases con que es posible estructurar este proceso.
8. Familiarizarse con los procedimientos establecidos para la aplicación de algunas de las técnicas de análisis multivariante más importantes.
9. Saber interpretar los resultados obtenidos a partir de la utilización de software estadístico especializado para desarrollar un análisis complejo de los datos.
10. Poner en práctica las habilidades necesarias para construir modelos multivariantes que permitan analizar datos obtenidos en una investigación real.

Contenidos

Módulo didáctico 1

Aspectos básicos del análisis multivariante

Julio Meneses

1. El caso de la discriminación de género en la Universidad de Berkeley
2. Asociación, confusión y causalidad
3. Diseño de la investigación e inferencia estadística
4. ¿Qué es el análisis multivariante y para qué sirve?
5. Una clasificación de las técnicas de análisis multivariante
6. Una guía para la elección de las técnicas de análisis multivariante
7. El proceso de construcción de modelos multivariantes

Bibliografía

Bibliografía anotada

Más allá de las referencias proporcionadas a lo largo de los diferentes módulos como una oportunidad para profundizar en algunas cuestiones importantes que van más allá de los límites de este texto, a continuación ofrecemos al lector interesado una selección de contribuciones desarrolladas en el contexto internacional que pueden ser útiles para desarrollar una visión más amplia sobre la lógica del análisis multivariante, las particularidades de las diferentes técnicas disponibles, la utilización del software estadístico especializado disponible y sus fundamentos matemáticos.

Harlow, L. L. (2014). *The essence of multivariate thinking. Basic themes and methods* (2.^a ed.). Nueva York: Routledge.

Como introducción general, este libro es una excelente aproximación a los aspectos básicos del análisis multivariante de los datos. Tomando como punto de partida una primera parte que, a modo de visión de conjunto, presenta las cuestiones transversales que comparten las diferentes técnicas, la autora dedica los siguientes capítulos a exponer cada una de ellas haciendo énfasis en sus diferencias y similitudes, los objetivos particulares que permiten alcanzar, sus asunciones básicas y la manera como tienen que ser interpretados los resultados que proporcionan. Reduciendo al mínimo la presencia de las cuestiones matemáticas relacionadas con la computación estadística de los modelos multivariantes, este manual propone una aproximación conceptual muy asequible, que, además, está ilustrada con diferentes ejemplos prácticos desarrollados mediante la utilización de SPSS y SAS.

Miller, J. E. (2013). *The Chicago guide to writing about multivariate analysis* (2.^a ed.). Chicago: The University of Chicago Press.

A pesar de que este libro se centra, fundamentalmente, en el desarrollo de las habilidades necesarias para llevar a cabo una presentación efectiva de los resultados proporcionados por las diferentes técnicas, su lectura es también muy recomendable para el lector interesado en familiarizarse con algunas cuestiones básicas que van más allá de la computación estadística de los modelos multivariantes. En este sentido, adopta como principio la necesidad de hacer accesibles las interpretaciones de los investigadores sobre las relaciones entre las diversas variables involucradas en sus estudios, de forma que, en último término, puedan contribuir de manera efectiva a enriquecer el debate público sobre los fenómenos objeto de su interés adaptándose a los intereses y las necesidades de los diferentes tipos de audiencias.

Hair, J. F.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R. E. (2014). *Multivariate data analysis. Pearson new international edition* (7.^a ed.). Harlow: Pearson.

Esta es una referencia obligada para los lectores interesados en profundizar en el proceso de construcción de modelos multivariantes. Tratándose de un manual que ha sido revisado y actualizado de manera regular durante las últi-

mas tres décadas, los autores han llegado al punto de equilibrio necesario que permite combinar, de manera sencilla y accesible para un público que no dispone de una formación estadística avanzada, los principales retos vinculados a la ejecución de cada una de las técnicas de análisis multivariante y su aplicabilidad en la práctica, tanto en contextos académicos como profesionales. A pesar de que los ejemplos que utiliza para ilustrar las técnicas son propios de la investigación desarrollada en el área de los estudios de marketing, todas sus orientaciones, consejos y recomendaciones prácticas resultan igualmente interesantes para el resto de disciplinas de las ciencias sociales.

Tabachnick, B. G.; Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics* (6.^a ed.). Boston: Pearson.

La otra gran referencia en el campo de los manuales que se proponen ofrecer una introducción general a las diferentes técnicas de análisis multivariante cumple también tres décadas de revisión y actualización, que han hecho que se convierta en uno de los libros de cabecera para muchos de los científicos sociales. Con una orientación eminentemente práctica, este texto centra su atención en una discusión profunda de los tipos de preguntas u objetivos que las diferentes técnicas disponibles permiten responder, sus limitaciones y todas aquellas cuestiones importantes que es necesario tener en cuenta en su aplicación a los datos obtenidos en la investigación, la manera de hacerlo mediante el software estadístico especializado que ilustra con ejemplos para SPSS, SAS y SYSTAT, y las estrategias más convenientes para garantizar un análisis riguroso y honesto por parte de los investigadores.

Pituch, K. A.; Stevens, J. P. (2016). *Applied multivariate statistics for the social sciences* (6.^a ed.). Nueva York: Routledge.

La reciente actualización de este manual nos ofrece una tercera aproximación que, a todos los efectos, se ocupa de las particularidades de las diferentes técnicas de análisis multivariante. A pesar de que dedica una parte de sus esfuerzos a introducir al lector en el álgebra matricial en que se basa la combinación lineal de variables, lo cierto es que la exposición que hace en el resto de capítulos sobre las técnicas, sus supuestos y las condiciones en que pueden ser aplicadas no obliga a profundizar en los formalismos matemáticos que, muy probablemente, podrían alejar a los lectores que no disponen de una formación estadística avanzada. En este sentido, a pesar de que algunos de los ejercicios que propone se basan en el cálculo manual, lo cierto es que también ofrece una buena ilustración de los diferentes capítulos con ejemplos prácticos para SPSS y SAS.

Ho, R. (2014). *Handbook of univariate and multivariate data analysis with IBM SPSS* (2.^a ed.). Boca Ratón: CRC Press.

Este es un muy buen ejemplo de los manuales que ponen el énfasis en la utilización del software estadístico especializado que permite llevar a cabo el análisis multivariante. Centrado en la utilización de SPSS, el texto adopta una visión general sobre las diferentes técnicas disponibles y, tomando como punto

de partida la estadística univariante, ofrece una guía práctica sobre los diferentes procedimientos disponibles, la manera como pueden ser aplicados, tanto desde el punto de vista de los menús de que dispone el programa como de la sintaxis correspondiente, y la interpretación de los principales resultados que proporciona.

Everitt, B.; Hothorn, T. (2011). *An introduction to applied multivariate analysis with R*. Nueva York: Springer.

En un sentido similar, este otro texto presenta también una aproximación eminentemente práctica al análisis multivariante poniendo, en el centro de su atención, los procedimientos disponibles en el marco del software estadístico de código abierto R. En este sentido, este es un manual asequible para los lectores que no disponen de unos conocimientos avanzados en el uso de R y, además, proporciona abundantes ejemplos junto con todo el código necesario para poder llevar a cabo con éxito los ejercicios que, de manera práctica, complementan todas sus explicaciones.

Anderson, T. W. (2003). *An introduction to multivariate statistical analysis* (3.^a ed.). Nueva Jersey: Wiley-Interscience.

La tercera edición de este libro clásico, publicado por primera vez a finales de los años cincuenta como compilación de materiales docentes, es probablemente la referencia de elección para los lectores interesados en ampliar sus conocimientos sobre los aspectos vinculados al tratamiento matemático de los datos en que se basan las diferentes técnicas de análisis multivariante. Este es, por lo tanto, un texto de un nivel avanzado que presenta de forma estructurada la teoría, los métodos y las demostraciones matemáticas necesarias para abordar de manera rigurosa los diferentes procedimientos estadísticos derivados de la distribución normal multivariante y sus características. A pesar de que asume un cierto dominio del álgebra matricial para poder seguir sus explicaciones, incorpora un anexo que sirve como introducción básica a las definiciones y los teoremas que permiten desarrollar los cálculos de manera autónoma.

Johnson, R.; Wichern, D. (2014). *Applied multivariate statistical analysis* (6.^a ed.). Essex: Pearson.

En un sentido similar, este libro pertenece a la categoría de los manuales que priorizan los aspectos matemáticos del análisis multivariante y que, por lo tanto, está también dirigido a los lectores que disponen de unos conocimientos estadísticos avanzados. A pesar de que, a diferencia del anterior, introduce de manera natural los aspectos básicos relacionados con el álgebra matricial, su objetivo es proporcionar las demostraciones matemáticas que permiten entender el funcionamiento de las diferentes técnicas, sus posibilidades y limitaciones, así como los resultados que cada una de ellas proporciona. Para hacer esto, los autores proporcionan diferentes ejercicios que sirven para ilustrar sus explicaciones, basados tanto en ejemplos ficticios simplificados para que sea

posible resolverlos a mano como otros más complejos a partir de datos reales que exigen la utilización de algún software estadístico especializado.

Brown, B. L.; Hendrix, S. B.; Hedges, D. W.; Smith, T. B. (2012). *Multivariate analysis for the biobehavioral and social sciences. A graphical approach*. Hoboken: John Wiley & Sons.

Finalmente, este texto adopta una perspectiva innovadora para abordar las diferentes técnicas de análisis multivariante. Poniendo la representación gráfica en el centro de su discusión, los autores desarrollan una aproximación que mezcla los aspectos matemáticos esenciales implicados en la computación de los modelos multivariantes con una exposición detallada del uso de SAS, STATA y SPSS para poder hacerlo. Más allá de la preceptiva introducción al álgebra matricial que caracteriza este tipo de manuales avanzados, cada capítulo viene acompañado de un ejemplo real extraído a partir de una publicación científica que permite contextualizar los diferentes tipos de análisis y, en último término, poner en evidencia cómo los gráficos son poderosos aliados que permiten representar de manera adecuada el significado de los datos.

Referencias bibliográficas

Anderson, T. W. (2003). *An introduction to multivariate statistical analysis* (3.^a ed.). Nueva Jersey: Wiley-Interscience.

Brace, N.; Kemp, R.; Snelgar, R. (2013). *SPSS for psychologists* (5.^a ed.). Nueva York: Palgrave Macmillan.

Brown, B. L.; Hendrix, S. B.; Hedges, D. W.; Smith, T. B. (2012). *Multivariate analysis for the biobehavioral and social sciences. A graphical approach*. Hoboken: John Wiley & Sons.

Catena, A.; Ramos, M. M.; Trujillo, H. M. (2003). *Análisis multivariado. Un manual para investigadores*. Madrid: Biblioteca Nueva.

De la Garza, J.; Morales, B. N.; González, B. A. (2013). *Análisis estadístico multivariante*. Madrid: McGraw-Hill.

Díaz, V. (2002). *Técnicas de análisis multivariante para investigación social y comercial. Ejemplos prácticos utilizando SPSS version 11*. Madrid: Ra-Ma.

Everitt, B.; Hothorn, T. (2011). *An introduction to applied multivariate analysis with R*. Nueva York: Springer.

Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics* (4.^a ed.). Los Ángeles: SAGE.

Hair, J. F.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R. E. (2014). *Multivariate data analysis. Pearson new international edition* (7.^a ed.). Harlow: Pearson.

Harlow, L. L. (2014). *The essence of multivariate thinking. Basic themes and methods* (2.^a ed.). Nueva York: Routledge.

Ho, R. (2014). *Handbook of univariate and multivariate data analysis with IBM SPSS* (2.^a ed.). Boca Ratón: CRC Press.

IBM (2015a). *Guía breve de IBM SPSS Statistics 23*. Armonk: IBM. <ftp://public.dhe.ibm.com/software/analytics/spss/documentation/statistics/23.0/es/client/Manuals/IBM_SPSS_Statistics_Brief_Guide.pdf>

IBM (2015b). *IBM SPSS Statistics base 23*. Armonk: IBM. <ftp://public.dhe.ibm.com/software/analytics/spss/documentation/statistics/23.0/es/client/Manuals/IBM_SPSS_Statistics_Base.pdf>

Johnson, R.; Wichern, D. (2014). *Applied multivariate statistical analysis* (6.^a ed.). Essex: Pearson.

Light, R. J.; Singer, J. D.; Willett, J. B. (1990). *Bydesign. Planning research on higher education*. Cambridge: Harvard University Press.

Martínez, R. (1999). *El análisis multivariante en la investigación científica*. Madrid: La Muralla.

Miller, J. E. (2013). *The Chicago guide to writing about multivariate analysis* (2.^a ed.). Chicago: The University of Chicago Press.

Pallant, J. (2013). *SPSS survival manual: A step by step guide to data analysis using IBM SPSS* (5.^a ed.). Maidenhead: Open University Press.

Pérez, C. (2004). *Técnicas de análisis multivariante de datos. Aplicaciones con SPSS*. Madrid: Pearson.

Pituch, K. A.; Stevens, J. P. (2016). *Applied multivariate statistics for the social sciences* (6.^a ed.). Nueva York: Routledge.

Tabachnick, B. G.; Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics* (6.^a ed.). Boston: Pearson.

Ximénez, M. C.; San Martín, R. (2004). *Fundamentos de las técnicas multivariantes*. Madrid: UNED.