

# Introducció a l'anàlisi multivariant

Julio Meneses

PID\_00199844

Material docent de la UOC

<b>Julio Meneses</b>
----------------------

Primera edició: febrer 2016  
© Julio Meneses  
Tots els drets reservats  
© d'aquesta edició, FUOC, 2016  
Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona  
Disseny: Manel Andreu  
Realització editorial: Oberta UOC Publishing, SL  
Dipòsit legal: B-5.960-2016

*Es garanteix el permís per a copiar, distribuir i modificar aquest document segons els termes de la GNU Free Documentation License, Version 1.3 o qualsevol altra de posterior publicada per la Free Software Foundation, sense seccions invariants ni textos de la oberta anterior o posterior. Podeu consultar els termes de la llicència a <http://www.gnu.org/licenses/fdl-1.3.html>.*

## Introducció

*You can't fix by analysis what you bungled by design*

Light, Singer i Willet, 1990, pàg. viii.

L'anàlisi multivariant pot contribuir a enriquir el debat públic sobre els fenòmens objecte d'interès per als professionals i els investigadors socials gràcies a l'oportunitat que els ofereix per a portar a terme una anàlisi complexa de les dades obtingudes en els seus estudis. Al servei de la investigació quantitativa, i com a extensió de les tècniques d'anàlisi univariant i bivariant, l'anàlisi multivariant té com a propòsit principal modelar les múltiples relacions existents entre diverses variables de forma simultània. La construcció de models multivariants exerceix, doncs, un important paper en el desenvolupament de les diferents disciplines de les ciències socials i, per tant, requereix una atenció especial en la formació dels futurs professionals i investigadors. Conèixer-ne la lògica, les característiques específiques de les diferents tècniques disponibles, els objectius particulars que permeten assolir i les condicions en què poden ser utilitzades són alguns dels reptes importants a què ens enfrontarem en aquest text introductori.

Per a fer-ho, en els propers mòduls ens endinsarem en els aspectes teòrics i pràctics involucrats en l'anàlisi multivariant de les dades com el marc analític general que es proposa analitzar i interpretar les relacions simultànies entre diverses variables mitjançant la construcció de models estadístics complexos que permeten distingir la contribució independent de cadascuna d'aquestes en el sistema de relacions i, d'aquesta manera, descriure, explicar o predir els fenòmens objecte d'interès. La clau d'aquest marc analític general no es troba, per tant, en el fet que els investigadors disposin de múltiples variables, sinó en la capacitat que les diferents tècniques disponibles els ofereixen per a estimar el pes específic o la importància relativa de cadascuna de les variables considerades en els models. En aquest sentit, com veurem a continuació, l'anàlisi multivariant pot proporcionar les evidències necessàries que permetin establir inferències a partir de l'observació d'associacions entre les variables, de manera que sigui possible extreure conclusions no esbiaixades que, a més a més, siguin generalitzables més enllà dels límits dels estudis particulars.

Aquest no és un objectiu menor i, de fet, està íntimament relacionat amb la naturalesa del disseny utilitzat en la investigació. És per aquesta raó que, tenint en compte les paraules de Light, Stinger i Willet (1990), els investigadors no han de recórrer a les potencialitats que ofereix l'anàlisi multivariant per a intentar resoldre els eventuais problemes que puguin sorgir en el cas que la seva investigació no hagi estat correctament dissenyada o desenvolupada. Al contrari, la construcció de models multivariants adquireix tot el seu sentit en relació amb el procediment general establert en la investigació quantitativa,

que, en darrer terme, és el que permet que els investigadors disposin de les garanties suficients per a decidir si les múltiples associacions simultànies observades entre les seves variables són una evidència adequada per a determinar, amb certa confiança, l'existència de relacions extrapolables al conjunt de la població que representa la seva mostra de participants.

Tenint en compte aquestes consideracions, començarem la nostra exposició amb un primer mòdul dedicat a la introducció dels aspectes bàsics de l'anàlisi multivariant. En aquest sentit, prenent com a punt de partida un estudi clàssic sobre la discriminació per raó de gènere a la Universitat de Berkeley, la discussió d'aquest cas controvertit ens servirà per a introduir alguns conceptes importants com són l'associació, la confusió i la causalitat, reconèixer de forma explícita la importància del disseny de la investigació per a poder extreure conclusions no esbiaixades que siguin generalitzables i oferir una definició formal que ens permeti situar l'anàlisi multivariant com el marc analític general que permet modelar les múltiples relacions existents entre les diferents variables involucrades en una investigació de forma simultània. A continuació, desenvoluparem les implicacions d'aquesta definició descrivint-ne els objectius principals i presentarem una classificació general de les diferents tècniques disponibles que ens servirà per a oferir una panoràmica general sobre les seves característiques i les condicions en què poden ser utilitzades, de manera que, finalment, els investigadors puguin disposar d'una guia que els permeti escollir la tècnica que millor s'ajusti a la seva investigació. Conclourem aquesta introducció general amb una discussió d'alguns dels principis que, en el context de la investigació quantitativa, regeixen les diferents fases amb què és possible estructurar el procés de construcció de models multivariants i aprofitarem la recapitulació d'aquestes fases per proporcionar una perspectiva de conjunt sobre les qüestions més importants introduïdes al llarg del mòdul.

Plantejades les bases a partir de les quals desenvoluparem la resta del text, els mòduls que segueixen aquesta introducció general serviran per a exposar algunes de les tècniques d'anàlisi multivariant més importants. Tenint en compte que, per raons d'espai, la diversitat de tècniques disponibles ens impedeix abordar-les totes i cadascuna en detall, limitarem la nostra atenció a una selecció de les més representatives en funció dels dos grans contextos en què, com veurem més endavant, és possible organitzar els diferents tipus de relacions que l'anàlisi multivariant permet estudiar. D'una banda, des del punt de vista de l'anàlisi de les relacions d'interdependència, tractarem algunes de les tècniques que permeten descriure l'estructura compartida per un conjunt de variables, que no poden ser identificades ni com a dependents ni com a independents, amb la intenció de determinar l'existència d'una dimensió hipotètica subjacent que, malgrat que no és directament observable, podria resultar interessant d'interpretar. En aquest sentit, el segon mòdul abordarà l'anàlisi de components principals i l'anàlisi factorial, i donarà pas a continuació al tercer, que s'ocuparà de l'anàlisi de correspondències i l'escalat multidimensional. D'altra banda, des del punt de vista de les relacions de dependència, tractarem algunes de les tècniques que permeten explicar o predir les variables

dependents a partir de les independents, amb l'objectiu de controlar l'efecte de qualsevol factor o variable de confusió que pogués interferir en les relacions que són realment d'interès per a la investigació. En aquest sentit, el quart mòdul abordarà la regressió múltiple i la regressió logística, i a continuació el cinquè s'ocuparà de l'anàlisi de la variància i l'anàlisi multivariant de la variància. Finalment, tancarem aquest text amb el sisè mòdul, que ens servirà per a oferir una introducció general a les equacions estructurals, una tècnica avançada que permet analitzar de manera simultània relacions de dependència i d'interdependència entre les variables.

Tots aquests mòduls s'organitzen a partir d'una estructura compartida que ens servirà per a exposar en detall les característiques de les diferents tècniques d'anàlisi multivariant seleccionades. En aquest sentit, començarem oferint una definició de cadascuna de les tècniques i presentarem els objectius específics que permeten assolir. A continuació, descriurem les condicions particulars en què les tècniques poden ser utilitzades i ens detindrem en el procediment general que els investigadors han de seguir per a construir amb èxit els seus models multivariants. Un exemple basat en la utilització de dades reals obtingudes en una investigació ens servirà per a posar en pràctica totes aquestes qüestions i, finalment, un apartat de conclusions ens permetrà cloure la nostra exposició suggerint alguns aspectes avançats addicionals que el lector interessat hauria de tenir en compte per a poder aprofundir, més enllà dels límits d'aquesta introducció general, en la utilització de les diferents tècniques d'anàlisi multivariant. Així mateix, és important tenir en compte que els exemples que ens serviran per a il·lustrar de manera pràctica l'exposició de les diferents tècniques abordades en els respectius mòduls tenen dues característiques en comú.

D'una banda, aquest text utilitza les dades d'accés obert proporcionades per l'European Social Survey (ESS), particularment les corresponents a la sisena onada, la darrera disponible en el moment d'escriure aquest text, portada a terme el 2012 a Espanya. L'ESS és un projecte d'investigació internacional promogut a principis dels anys 2000 per l'European Science Foundation amb el suport dels diferents programes marc de la Comissió Europea i les agències nacionals de recerca dels països participants. L'objectiu principal d'aquest projecte és obtenir informació sobre l'evolució de les actituds i els comportaments dels ciutadans europeus en relació amb un ampli conjunt de qüestions vinculades amb els valors morals, les creences religioses, les relacions socials, la participació política i l'activitat econòmica. Més enllà de les valuoses dades que proporciona, l'ESS va néixer també amb la vocació d'impulsar el desenvolupament de la investigació quantitativa basada en qüestionaris, promovent la col·laboració dels investigadors socials de la trentena de països que han participat fins ara en el disseny dels instruments, la construcció de les diferents mostres nacionals de participants i l'organització del procés d'administració

i codificació de les seves respostes, amb l'objectiu d'obtenir mesures fiables que permetin una anàlisi comparada dels seus resultats amb una periodicitat bianual.

D'altra banda, tot i la diversitat en el programari estadístic especialitzat disponible, aquest text es basa en la utilització de l'Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) com a eina de suport en la computació estadística dels models multivariants. L'SPSS és, sens dubte, un dels programaris més estesos a les ciències socials gràcies a la senzillesa de la interfície gràfica de què disposa, la possibilitat d'utilitzar una sintaxi pròpia per a documentar o reproduir l'anàlisi, la gran varietat de tècniques estadístiques que permet utilitzar i la claredat amb què presenta, a les seves sortides, tots els detalls relacionats amb els resultats de l'anàlisi portada a terme. El lector interessat, però, no tindrà grans dificultats per adaptar la nostra exposició a altres programaris diferents com per exemple SAS, STATA o R, que, en general, ofereixen procediments similars que permeten assolir els mateixos objectius. De fet, en un moment en què el suport dels diferents programaris estadístics especialitzats facilita enormement l'execució de l'anàlisi estadística de les dades, el que resulta realment rellevant no és tant la familiaritat amb aquests programaris, sinó la comprensió de cadascuna de les decisions que els investigadors han de prendre per a arribar a construir amb èxit els seus models multivariants.

En aquest sentit, és convenient tenir present que aquesta introducció a l'anàlisi multivariant no és una guia exhaustiva sobre els diferents aspectes vinculats amb l'ús d'SPSS ni, tampoc, sobre les particularitats de l'explotació de les dades proporcionades per l'ESS. En aquest sentit, el nostre text assumeix que el lector no només disposa d'una formació estadística general en relació amb l'aplicació de les tècniques d'anàlisi univariant i bivariant, sinó que també té unes nocions elementals sobre l'ús d'SPSS o algun altre programari estadístic equivalent i uns coneixements bàsics sobre els instruments i els procediments que ha desenvolupat l'ESS per a portar a terme els seus treballs de camp. Si no és així, més enllà de la lectura atenta dels seus manuals (IBM, 2015a i 2015b), és possible trobar una interessant introducció als aspectes més bàsics d'SPSS als llibres de Field (2013), Pallant (2013) o Brace, Snelgar i Kemp (2012). Pel que fa a l'ESS, la seva web (<http://www.europeansocialsurvey.org>) és una referència obligada per a aconseguir tota la informació relativa als seus objectius i el seu funcionament, els qüestionaris i els manuals que utilitza per a la seva administració en cada onada als diferents països involucrats i, un cop registrat l'interessat, l'accés a totes les seves bases de dades gratuïtament.

Per acabar, reconeixent que per raons d'espai no és possible tractar totes les tècniques disponibles en una introducció general com aquesta, ni fer-ho amb tota la profunditat que poden dedicar-hi altres contribucions més avançades, el lector interessat pot trobar diversos manuals sobre anàlisi multivariant que poden ajudar-lo a complementar i ampliar la nostra aproximació. Més enllà de la selecció d'obres internacionals que presentem a la bibliografia anotada que acompanya aquesta presentació, disposem d'alguns manuals publicats en

el nostre entorn més proper que seria convenient tenir en compte, com, per exemple, els de Martínez (1999), Díaz (2002), Catena, Ramos i Trujillo (2003), Pérez (2004), Ximénez i San Martín (2004) o De la Garza, Morales i González (2013).

### **Bibliografia anotada**

A més de les referències proporcionades en els diferents mòduls com una oportunitat per a aprofundir en algunes qüestions importants que van més enllà dels límits d'aquest text, a continuació oferim al lector interessat una selecció de contribucions desenvolupades en el context internacional que poden ser útils per a desenvolupar una visió més àmplia sobre la lògica de l'anàlisi multivariant, les particularitats de les diferents tècniques disponibles, la utilització del programari estadístic especialitzat disponible i els seus fonaments matemàtics.

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

Com a introducció general, aquest llibre és una excel·lent aproximació als aspectes bàsics de l'anàlisi multivariant de les dades. Prenent com a punt de partida una primera part que, a mode de visió de conjunt, presenta les qüestions transversals que comparteixen les diferents tècniques, l'autora dedica els següents capítols a exposar-les una per una tot remarquant-ne les diferències i similituds, els objectius particulars que permeten assolir, les seves assumpcions bàsiques i la manera com han de ser interpretats els resultats que proporcionen. Reduint al mínim la presència de les qüestions matemàtiques relacionades amb la computació estadística dels models multivariants, aquest manual proposa una aproximació conceptual molt assequible que, a més a més, és il·lustrada amb diferents exemples pràctics desenvolupats mitjançant la utilització d'SPSS i SAS.

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

Tot i que aquest llibre se centra fonamentalment en el desenvolupament de les habilitats necessàries per a portar a terme una presentació efectiva dels resultats proporcionats per les diferents tècniques, la seva lectura és també molt recomanable per al lector interessat a familiaritzar-se amb algunes qüestions bàsiques que van més enllà de la computació estadística dels models multivariants. En aquest sentit, adopta com a principi la necessitat de fer accessibles les interpretacions dels investigadors sobre les relacions entre les diverses variables involucrades en els seus estudis de manera que, en darrer terme, puguin contribuir efectivament a enriquir el debat públic sobre els fenòmens objecte del seu interès adaptant-se als interessos i les necessitats dels diferents tipus d'audiències.

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

Aquesta és una referència obligada per als lectors interessats a aprofundir en el procés de construcció de models multivariants. Tractant-se d'un manual que ha estat revisat i actualitzat regularment durant les darreres tres dècades, els autors han arribat al punt d'equilibri necessari que permet combinar, de manera senzilla i accessible per a un públic que no té una formació estadística avançada, els principals reptes vinculats a l'execució de cadascuna de les tècniques d'anàlisi multivariant i la seva aplicabilitat en la pràctica, tant en contextos acadèmics com professionals. Tot i que els exemples que utilitza per a il·lustrar les tècniques són propis de la investigació desenvolupada a l'àrea dels estudis de màrqueting, totes les seves orientacions, consells i recomanacions pràctiques resulten igualment interessants per a la resta de disciplines de les ciències socials.

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

L'altra gran referència en el camp dels manuals que es proposen oferir una introducció general a les diferents tècniques d'anàlisi multivariant compleix també tres dècades de revisió i actualització, que han fet que es converteixi en un dels llibres de capçalera per a molts dels científics socials. Amb una orientació eminentment pràctica, aquest text centra la seva atenció en una discussió profunda dels tipus de preguntes o objectius que les diferents tècniques disponibles permeten respondre, les seves limitacions i totes aquelles qüestions importants que és necessari tenir en compte en la seva aplicació a les dades obtingudes en la investigació, la manera com fer-ho mitjançant el programari estadístic especialitzat que il·lustra amb exemples per a SPSS, SAS i SYSTAT, i les estratègies més convenientes per a garantir una anàlisi rigorosa i honesta per part dels investigadors.

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

La recent actualització d'aquest manual ens ofereix una tercera aproximació, que, amb caràcter general, s'ocupa de les particularitats de les diferents tècniques d'anàlisi multivariant. Tot i que dedica una part dels seus esforços a introduir el lector a l'àlgebra matricial en què es basa la combinació lineal de variables, el cert és que l'exposició que fa a la resta de capítols sobre les tècniques, els seus supòsits i les condicions en què poden ser aplicades no obliga a aprofundir en els formalismes matemàtics que, molt probablement, podrien allunyar els lectors que no tenen una formació estadística avançada. En aquest sentit, tot i que alguns dels exercicis que proposa es basen en el càlcul manual, el cert és que també ofereix una bona il·lustració dels diferents capítols amb exemples pràctics per a SPSS i SAS.



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

Per la seva banda, aquest és un molt bon exemple dels manuals que remarquen la utilització del programari estadístic especialitzat que permet portar a terme l'anàlisi multivariant. Centrat en la utilització d'SPSS, el text adopta una visió general sobre les diferents tècniques disponibles i, prenent com a punt de partida l'estadística univariant, ofereix una guia pràctica sobre els diferents procediments disponibles, la manera com poden ser aplicats, tant des del punt de vista dels menús de què disposa el programa com de la sintaxi corresponent, i la interpretació dels principals resultats que proporciona.

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

En un sentit similar, aquest altre text presenta també una aproximació eminentment pràctica a l'anàlisi multivariant posant en el centre de la seva atenció els procediments disponibles en el marc del programari estadístic de codi obert R. En aquest sentit, aquest és un manual assequible per als lectors que no tenen uns coneixements avançats en l'ús d'R i, a més a més, proporciona abundants exemples juntament amb tot el codi necessari per a poder portar a terme amb èxit els exercicis que, de manera pràctica, complementen totes les seves explicacions.

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

La tercera edició d'aquest llibre clàssic, publicat per primer cop a finals dels anys cinquanta com a compilació de materials docents, és probablement la referència d'elecció per als lectors interessats a aprofundir els seus coneixements sobre els aspectes vinculats al tractament matemàtic de les dades en què es basen les diferents tècniques d'anàlisi multivariant. Aquest és, per tant, un text d'un nivell avançat que presenta de forma estructurada la teoria, els mètodes i les demostracions matemàtiques necessàries per a abordar rigorosament els diferents procediments estadístics derivats de la distribució normal multivariant i les seves característiques. Tot i que cal cert domini de l'àlgebra matricial per a poder seguir-ne les explicacions, incorpora un annex que serveix com a introducció bàsica a les definicions i els teoremes que permeten desenvolupar els càlculs de manera autònoma.

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

En un sentit similar, aquest llibre pertany a la categoria dels manuals que prioritzen els aspectes matemàtics de l'anàlisi multivariant i que, per tant, està també dirigit als lectors que tenen uns coneixements estadístics avançats. Tot i que, a diferència de l'anterior, introdueix de manera natural els aspectes

bàsics relacionats amb l'àlgebra matricial, el seu objectiu és proporcionar les demostracions matemàtiques que permeten entendre el funcionament de les diferents tècniques, les seves possibilitats i limitacions, així com els resultats que cadascuna d'aquestes proporciona. Per a fer això, els autors presenten diferents exercicis que serveixen per a il·lustrar les seves explicacions, alguns de basats en exemples ficticis simplificats per tal que sigui possible resoldre'ls a mà i altres de més complexos a partir de dades reals que exigeixen la utilització d'algun programari estadístic especialitzat.

**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.

Finalment, aquest text adopta una perspectiva innovadora per a abordar les diferents tècniques d'anàlisi multivariant. Posant la representació gràfica en el centre de la seva discussió, els autors desenvolupen una aproximació que barreja els aspectes matemàtics essencials implicats en la computació dels models multivariants amb una exposició detallada de l'ús de SAS, STATA i SPSS per a poder fer-ho. Més enllà de la preceptiva introducció a l'àlgebra matricial que caracteritza aquest tipus de manuals avançats, cada capítol ve acompanyat d'un exemple real extret d'una publicació científica que permet contextualitzar els diferents tipus d'anàlisi i, en darrer terme, posar en evidència com els gràfics són poderosos aliats que permeten representar adequadament el significat de les dades.

## Objectius

Aquesta assignatura té com a objectiu general conèixer els fonaments de l'anàlisi multivariant com a marc analític general que permet modelar les múltiples relacions existents entre diverses variables de forma simultània.

Més enllà d'aquest objectiu general, té com a objectius específics:

1. Situar l'anàlisi multivariant en el context general de l'anàlisi estadística de les dades obtingudes en la investigació quantitativa.
2. Saber identificar els escenaris particulars en què l'anàlisi multivariant pot ser apropiada per a respondre als objectius de la investigació.
3. Entendre les implicacions del disseny de la investigació en l'obtenció de conclusions no esbiaixades que, a més a més, siguin generalitzables.
4. Saber identificar els dos contextos, de dependència i d'interdependència, en què és possible organitzar les relacions entre les diferents variables involucrades en una investigació.
5. Conèixer els diferents tipus de tècniques d'anàlisi multivariant disponibles, les seves característiques principals i les condicions en què poden ser utilitzades a la pràctica.
6. Saber escollir la tècnica més adequada en funció de la pregunta o objectiu general que motiva la investigació i les característiques de les dades que proporciona per oferir una resposta.
7. Entendre els principis generals que regeixen la construcció de models multivariants i les diferents fases amb què és possible estructurar aquest procés.
8. Familiaritzar-se amb els procediments establerts per a l'aplicació d'algunes de les tècniques d'anàlisi multivariant més importants.
9. Saber interpretar els resultats obtinguts a partir de la utilització de programari estadístic especialitzat per desenvolupar una anàlisi complexa de les dades.
10. Posar en pràctica les habilitats necessàries per a construir models multivariants que permetin analitzar dades obtingudes en una investigació real.

## Continguts

Mòdul didàctic 1

### **Aspectes bàsics de l'anàlisi multivariant**

Julio Meneses

1. El cas de la discriminació de gènere a la Universitat de Berkeley
2. Associació, confusió i causalitat
3. Disseny de la investigació i inferència estadística
4. Què és l'anàlisi multivariant i per a què serveix?
5. Una classificació de les tècniques d'anàlisi multivariant
6. Una guia per a l'elecció de les tècniques d'anàlisi multivariant
7. El procés de construcció de models multivariants

## Bibliografia

### Referències bibliogràfiques

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

**Brace, N.; Kemp, R.; Snelgar, R.** (2013). *SPSS for psychologists* (5 ed.). Nova 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.

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

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

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

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

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

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

**Ho, R.** (2014). *Handbook of univariate and multivariate data analysis with IBM SPSS* (2 ed.). Boca Raton: 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](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](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 ed.). Essex: Pearson.

**Light, R. J.; Singer, J. D.; Willett, J. B.** (1990). *By design. 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 ed.). Chicago: The University of Chicago Press.

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

**Perez, 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 ed.). Nova York: Routledge.

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

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