

Nous mètodes estadístics composicionals per a l'anàlisi de ràtios comptables

GERMÀ COENDERS

Universitat de Girona

ANDREY FELIPE SGORLA

Università degli Studi di Siena

NÚRIA ARIMANY-SERRAT

Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya

SALVADOR LINARES-MUSTARÓS

Universitat de Girona

MARIA ÀNGELS FARRERAS-NOGUER

Universitat de Girona

Data de recepció: 2-7-2023

Data d'acceptació: 22-9-2023

RESUM

L'ús de ràtios comptables clàssiques en empreses individuals constitueix una poderosa eina per al diagnòstic de la seva salut financera. No obstant això, les anàlisis estadístiques de les ràtios comptables d'una mostra d'empreses condueixen a una sèrie de problemes que poden invalidar els resultats obtinguts. El present treball justifica l'ús d'una nova metodologia basada en dades composicionals per a analitzar els estats financers d'un sector, millorant les anàlisis amb les ràtios convencionals, ja que la nova metodologia permet aplicar tècniques estadístiques sense els problemes de l'asimetria i els valors atípics, i sense que els resultats variïn en funció de l'elecció arbitrària de quines de les xifres compta-

bles és el numerador i quines és el denominador. Es presenta una anàlisi de ràtios en el sector d'elaboració de cerveses que mostra que s'obtenen conclusions diferents amb ràtios comptables clàssiques i ràtios comptables composicionals.

Classificació JEL: C19, C46, G39, L66, M41.

PARAULES CLAU

Dades composicionals (Coda); anàlisi d'estats financers; ràtios comptables; ràtios financeres.

ABSTRACT

The use of standard accounting ratios on single firms is a powerful tool for diagnostics of their financial health. However, statistical analyses of accounting ratios of a sample of firms lead to a series of problems that can invalidate the results obtained. The present article justifies the use of a new methodology based on compositional data to analyse the financial statements of an industry, improving analyses with conventional ratios since the new methodology enables statistical techniques to be applied without encountering skewness and outliers, and without the results depending on the arbitrary choice as to which of the accounting figures is the numerator and which is the denominator. A financial ratio analysis in the beer manufacturing industry is provided, which shows that different conclusions are obtained with standard accounting ratios and compositional accounting ratios.

JEL classification: C19, C46, G39, L66, M41.

KEYWORDS

Compositional data (CoDa); financial statement analysis; financial ratios; accounting ratios.

1. Introducció

Les ràtios comptables són una eina d'anàlisi que proporciona una informació valuosa sobre el diagnòstic de la salut financera de les empreses, facilita la presa de decisions estratègiques, permet avaluar el risc de les inversions i predir variables clau sobre el present i futur de les empreses (Amat, 2020).

Si bé les ràtios comptables clàssiques ajuden a avaluar de manera precisa l'estat financer d'empreses en l'àmbit individual, lamentablement, quan en estudis estadístics de diagnòstic de la salut econòmica i financera d'un sector s'utilitzen les ràtios clàssiques a manera de variables d'entrada, la veracitat dels resultats d'aquest diagnòstic és qüestionable.

La pèrdua de simetria que es produeix en definir les ràtios comptables clàssiques causa distorsions significatives en el diagnòstic de la salut econòmica i financera. Encara que l'asimetria en les ràtios comptables és un problema ja identificat fa temps (Arimany-Serrat *et al.*, 2022; Carreras-Simó i Coenders, 2020; 2021; Cowen i Hoffer, 1982; Deakin, 1976; Frecka i Hopwood, 1983; Lev i Sunder, 1979; Linares-Mustarós, *et al.*, 2018; 2022; Mcleay i Omar, 2000; So, 1987), no ha rebut en l'àmbit comptable l'atenció que es mereix malgrat el greu problema que comporta.

El present treball presenta uns desenvolupaments recents que resolen aquest problema, que al seu torn és l'arrel d'altres problemes, com l'aparició de valors atípics (So, 1987), la no-linealitat de les relacions (Cowen i Hoffer, 1982), la no-normalitat (Mcleay i Omar, 2000), i la incoherència de resultats si s'utilitzen ràtios que permuten numerador i denominador (Frecka i Hopwood, 1983).

L'alternativa consisteix en noves ràtios comptables basades en la metodologia d'anàlisi de dades composicionals, o, simplement, dades composicionals (d'ara endavant CoDa, acrònim derivat de l'anglès *Compositional Data*) la validesa de resultats del qual ja ha estat extensament contrastada (Aitchison 1986; Pawlowsky-Glahn *et al.*, 2015). Encara que la metodologia CoDa va sorgir en els camps de la geologia i la química a la fi del segle passat amb l'objectiu d'estudiar la importància relativa dels components d'una anàlisi química, es va estendre a tots els àmbits científics, inclosos els àmbits econòmic, empresarial i social. La seva aplicació a l'anàlisi de ràtios comptables és més recent (Arimany-Serrat *et al.*, 2022; 2023; Carreras-Simó i Coenders, 2020; 2021; Linares-Mustarós *et al.*, 2018; 2022; Saus-Sala *et al.*, 2021; 2023). El present treball espera mostrar que és possible utilitzar una altra metodologia de treball en l'àmbit comptable que no comporti la invalidesa dels resultats de les anàlisis estadístiques basades en ràtios clàssiques. Els resultats trobats sempre han estat diferents quan les ràtios clàssiques

s'han comparat amb la metodologia CoDa (Arimany-Serrat *et al.*, 2022; Carreras-Simó i Coenders, 2021; Linares-Mustarós *et al.*, 2018; 2022).

El treball s'ha estructurat en dos apartats principals. Primer mostrem la raó dels greus problemes que origina l'ús de les ràtios estàndard en estudis estadístics sectorials, i presentem com les ràtios comptables basades en la metodologia CoDa (d'ara endavant ràtios comptables composicionals) resolten els problemes esmentats. El segon apartat compara l'anàlisi en el sector cerveser amb ràtios clàssiques i composicionals amb la finalitat de mostrar mitjançant la diferència substancial dels resultats, la necessitat de canviar la metodologia habitual de treball en estudis comptables sectorials amb mètodes estadístics.

2. Mètode

En aquest apartat es presenta el problema de l'asimetria de les ràtios clàssiques i la solució composicional. Es pot comprendre de manera immediata la tendència d'obtenir una asimetria en el càlcul de les ràtios estàndard amb un simple exemple. Si tenim dues masses patrimonials x_1 i x_2 que suposem estrictament positives (condició perquè l'operació de calcular ràtios tingui sentit, vegeu Lev i Sunder, 1979) per a tres empreses (Figura 1).

Empresa	x_1	x_2	x_1/x_2	x_2/x_1
1	9	1	9	0,111
2	3	3	1	1
3	1	9	0,111	9

Figura 1. Ràtios calculades per a tres empreses fictícies.

En teoria, les ràtios x_1/x_2 i x_2/x_1 haurien de proporcionar la mateixa informació. Dir que una magnitud és 9 vegades major que l'altra equival a dir que l'altra és 0,111 vegades la primera. Així i tot, si tenim en compte x_1/x_2 pot semblar que l'empresa 1 té valors molt allunyats de la 2 (la diferència de les ràtios és 8, i algú podria aventurar-se a dir que l'empresa 1 és atípica comparada amb les empreses 2 i 3, la diferència mútua de les quals és només 0,889). Per contra, si tenim en compte x_2/x_1 pot semblar que l'empresa allunyada és l'empresa 3. Ateses les masses patrimonials originals x_1 i x_2 , queda clar que l'empresa 1 i la 3 estan igualment allunyades de la 2 i ho estan simètricament. La conseqüència és que qualsevol anàlisi estadística

dependrà de la decisió arbitrària de quina massa patrimonial figuri en el numerador i quina en el denominador de la ràtio. Per exemple, la correlació entre x_1/x_2 i una característica qualsevol de les empreses no serà la correlació amb x_1/x_3 canviada de signe i podrà portar a conclusions diferents. En l'anàlisi comptable sovint es contemplen ràtios alternatives que són la inversa les unes de les altres, com ocorre amb la ràtio de solvència o de garantia i la ràtio d'endeutament sobre l'actiu total, pel que sembla sense sospitar que els resultats s'hagin de veure's afectats per la decisió.

Estadísticament parlant, el fet que les ràtios tinguin valors sobre l'interval $(0, +\infty)$ només pot causar distribucions asimètriques, perquè els valors de la ràtio quan el denominador supera al numerador estan en l'interval $(0, 1)$, i els valors en els quals el denominador és superat pel numerador estan en l'interval $(1, +\infty)$.

La metodologia CoDa va emergir en els camps de la geologia i la química, camps on les anàlisis típicament centren l'interès en la importància relativa de les parts químiques de la roca o substància, sovint amb suma constant (Aitchison, 1986). En l'actualitat, s'associa CoDa principalment a l'interès en magnituds relatives expressades com a ràtios convertint l'anàlisi d'estats comptables en un camp natural d'aplicació.

Per a l'elecció de les ràtios comptables composicionals s'ha de partir, igual que amb ràtios estàndard, dels objectius d'estudi a realitzar. Una anàlisi simplificada de l'endeutament de les empreses implicaria, per exemple, partir de les següents tres masses patrimonials: x_1 = actiu, x_2 = passiu no corrent i x_3 = passiu corrent, treballar amb la ràtio estàndard de solvència o de garantia:

$$r_1 = x_1/(x_2 + x_3), \quad (1)$$

i la ràtio de passiu corrent sobre passiu no corrent els valors alts del qual indiquen baixa qualitat del deute, tractant-se, per tant, d'una simple reformulació de la ràtio estàndard de qualitat del deute:

$$r_2 = \frac{x_3}{x_2}. \quad (2)$$

Els elements clau de la metodologia CoDa són les mitjanes geomètriques i els logaritmes, que són eines matemàtiques estàndard quan es tracta de posar en relleu la importància de les magnituds en termes relatius. Prenem per exemple els valors 9, 3 i 1. En termes relatius la diferència entre 9 i 3 és la mateixa que entre 3 i 1:

$$9/3=3/1. \quad (3)$$

D'acord amb això, els seus logaritmes són equidistants:

$$\log(9) - \log(3) = \log(3) - \log(1), \quad (4)$$

i, com 3 es troba en termes relatius en el centre de 9 i 1, constitueix la seva mitjana geomètrica:

$$\sqrt{9 \cdot 1} = 3. \quad (5)$$

La proposta d'allò que la metodologia CoDa diu coordenades en log-ràtios isomètriques (coordenades ilr), partiria d'un diagrama d'arbre com el mostrat en la Figura 2 en la qual cada branca parteix seqüencialment el conjunt de les tres masses patrimonials que s'analitzen en grups de masses patrimonials cada vegada menors fins que cada massa patrimonial és un grup en si mateixa. Les ràtios comptables composicionals situen els dos grups de masses patrimonials implicades en la partició (o les seves mitjanes geomètriques quan n'hi ha més d'una) un en el numerador i un en el denominador. La metodologia CoDa mostra que per a estudiar la grandària relativa de tres masses patrimonials mai seran necessàries més de dues coordenades, construïdes com les següents:

$$y_1 = \sqrt{\frac{2}{3}} \log \frac{x_1}{\sqrt{x_2 \cdot x_3}}, \quad (6)$$

$$y_2 = \sqrt{\frac{1}{2}} \log \frac{x_3}{x_2}. \quad (7)$$

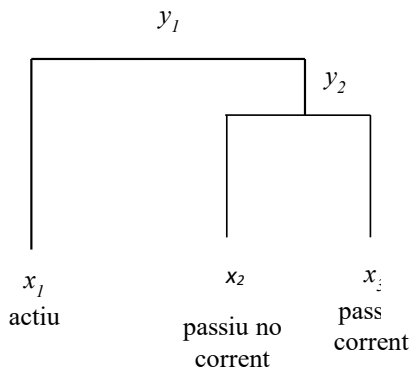


Figura 2. Diagrama en arbre.

Observem que la primera ràtio comptable composicional y_1 conté totes les masses patrimonials a estudiar i separa els actius (numerador) dels passius (denominador) de la mateixa manera com ho fa la ràtio de garantia. Així mateix, multiplicant al logaritme apareix un factor d'escala que no modifica la interpretació de la ràtio i s'usa per a tenir en compte el nombre de masses patrimonials que es comparen. El seu denominador és el nombre de masses patrimonials total que intervenen en la ràtio ($2+1=3$) i el seu numerador és el producte del nombre de masses patrimonials que apareixen en el denominador i el numerador ($2 \times 1=2$). D'altra banda, la ràtio y_2 conté les dues masses patrimonials més agrupades del diagrama d'arbre de la Figura 2 amb el seu corresponent factor d'escala i correspon a la ràtio de passiu corrent sobre passiu no corrent. Segons la col·locació de les masses patrimonials en el numerador i denominador, una major coordenada y_1 s'interpreta com a major solvència, i una major coordenada y_2 com a pitjor qualitat del deute.

Finalitzarem el present apartat amb una sèrie d'observacions importants associades a l'ús de ràtios comptables composicionals. En primer lloc, l'arbre de la Figura 2 el tria lliurement l'investigador. La nostra elecció s'ha realitzat esperant obtenir dues ràtios composicionals relacionades amb els conceptes d'interès: garantia i qualitat del deute.

En segon lloc, permutar el numerador i el denominador de la ràtio comptable composicional modifica només el seu signe. Aquest fet assegura que:

- s'obtinguin els mateixos valors identificables com a atípics en tots dos casos,
- les relacions amb indicadors no comptables (v.g., diferències de mitjanes, correlacions, coeficients de regressió) siguin de magnitud idèntica, només que de signe contrari,
- s'obtinguin valors dins de tot l'interval $(-\infty, +\infty)$, com la distribució de probabilitat normal.

3. Resultats

En el present apartat mostrem mitjançant un exemple real la diferència de resultats que pot presentar una anàlisi sectorial a partir de les ràtios comptables clàssiques i les composicionals. Usem una mostra dels estats comptables del sector espanyol d'elaboració de cervesa (CNAE 1105) obtinguts de la base de dades SABI (Sistema d'Anàlisi de Balanços Ibèrics <<https://sabi.bvdinfo.com/>>) per a 2021 utilitzant una mostra de $n=51$ empreses mercantils actives, en forma jurídica de societat anònima i societat

limitada i que disposen de web, a través de la qual identifiquem la comunicació web dels següents indicadors no comptables:

- Generació de residus.
- Diversitat de gènere dels treballadors.
- Creació neta d'ocupació.

Les ràtios comptables estàndard i composicionals utilitzades són les presentades en l'apartat anterior: r_1 , r_2 , y_1 i y_2 , així com les ràtios resultants de permutar numerador i denominador:

$$r_{1p} = (x_2 + x_3)/x_1, \quad (8)$$

$$r_{2p} = x_2/x_3, \quad (9)$$

$$y_{1p} = \sqrt{\frac{2}{3}} \log \frac{\sqrt{x_2 \cdot x_3}}{x_1}, \quad (10)$$

$$y_{2p} = \sqrt{\frac{1}{2}} \log \frac{x_2}{x_3}. \quad (11)$$

Aquestes ràtios invertides contenen la mateixa informació que les originals (r_1 , r_2 , y_1 i y_2), però ara expressada en termes d'endeutament sobre l'actiu total en lloc de garantia, i alta qualitat del deute en lloc de baixa qualitat.

Les anàlisis s'han dut a terme mitjançant el programa de lliure distribució CoDaPack (disponible en <<http://ima.udg.edu/codapack/>>). Es tracta d'un programa informàtic de funcionament senzill per menús (Thió-Henestrosa i Martín-Fernández, 2005) que l'usuari pot emprar com un programa tancat, o, per contra, emprar-lo només per a fer anàlisis composicionals exploratòries i per a calcular les coordenades ilr i a continuació exportar aquestes coordenades per a continuar treballant amb el seu programa i la seva metodologia estadística. Ferrer-Rosell *et al.* (2022) presenta una introducció no tècnica a la metodologia CoDa en els seus diversos aspectes usant el programa CoDaPack.

Els diagrames de caixa en la Figura 3 mostren que les ràtios r_2 i r_{2p} són marcadament asimètriques i tenen valors atípics extrems, destacant el cas de r_2 . Aquest no és el cas per a y_1 , y_2 , y_{1p} i y_{2p} que mostren cadascuna només dos o tres valors atípics gens extrems. Els gràfics per a y_{1p} i y_{2p} són simplement els de y_1 i y_2 invertits perquè la inversió de ràtios composicionals només implica el seu canvi de signe. Per contra, les distribucions de r_{1p} i r_{2p} difereixen marcadament dels seus corresponents r_1 i r_2 . Recordem que especialment els valors atípics extrems converteixen les ràtios en poc adequades per a dur a terme anàlisis estadístiques.

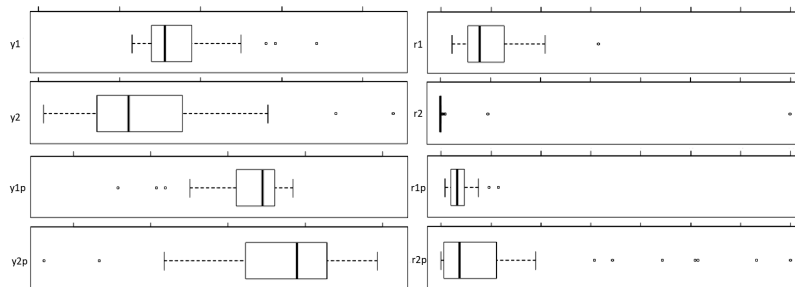


Figura 3. Diagrames de caixa de les ràtios estàndard i composicionals, originals i amb permutació de numerador i denominador.

La Figura 4 relaciona les ràtios comptables amb els indicadors no comptables, en el nostre cas des de la seva comunicació web. L'anàlisi estadística realitzada és senzilla, un contrast de comparació de mitjanes basat en l'estadístic t de Student en la seva versió per a variàncies iguals.

En el cas de l'indicador de *comunicació web de generació de residus*, r_1, r_{1p}, y_1 i y_{1p} , amb estadístics t significatius (valor p inferior a 0,05) mostren de mode equivalent que les empreses que disposen de l'indicador tenen una solvència més gran, amb $t > 0$ per a r_1 i y_1 (o un menor endeutament, amb $t < 0$ per a r_{1p} i y_{1p}). Per part seva, y_2 i y_{2p} mostren de mode equivalent que les empreses amb l'indicador tenen una major proporció de passiu corrent, amb $t > 0$ per a y_2 (o una proporció menor del no corrent, amb $t < 0$ per a y_{2p}), mentre que r_2 i r_{2p} no permetrien concloure res sobre aquest tema (valor p superior a 0,05).

En el cas de l'indicador de *comunicació web de diversitat de gènere dels treballadors*, r_1, r_{1p}, y_1 i y_{1p} , amb estadístics t significatius mostren de mode equivalent que les empreses que disposen de l'indicador tenen una solvència més gran (o un menor endeutament). Per part seva, r_2, y_2 i y_{2p} mostren de mode equivalent que les empreses amb l'indicador tenen una major proporció de passiu corrent (o menor del no corrent), mentre que r_{2p} no permetria concloure res sobre aquest tema, contradient-se amb r_2 .

En el cas de l'indicador de *comunicació web de creació neta d'ocupació*, y_1, y_{1p}, y_2 i y_{2p} no mostren relació amb l'endeutament ni amb la presència relativa de més passiu corrent o no corrent. Per part seva, r_1 semblaria mostrar que les empreses amb l'indicador tenen una solvència més gran, contradient-se amb r_{1p} . Atribuïm aquest resultat als valors atípics.

Indicador	Generació de residus		Diversitat de gènere		Creació d'ocupació	
	Valor <i>t</i>	Valor <i>p</i>	Valor <i>t</i>	Valor <i>p</i>	Valor <i>t</i>	Valor <i>p</i>
r_1	2,75	0,008	3,32	0,002	3,06	0,004**
r_{1p}	-3,03	0,004	-2,89	0,006	-1,94	0,058
r_2	1,87	0,067	2,79	0,008	-0,27	0,787
r_{2p}	-0,87	0,391	-1,76	0,084	-1,04	0,305
y_1	3,55	<0,001	4,32	<0,001	1,62	0,111
y_{1p}	-3,55	<0,001	-4,32	<0,001	-1,62	0,111
y_2	2,48	0,017	3,59	<0,001	1,15	0,255
y_{2p}	-2,48	0,017	-3,59	<0,001	-1,15	0,255

Figura 4. Contrast *t* de comparació de mitjanes amb variàncies iguals (valors *t* positius corresponen a majors valors de la ràtio per a les empreses que comuniquen l'indicador).

4. Discussió

En primer lloc, l'article ha exposat que la metodologia de treball amb ràtios comptables clàssiques, encara que és una metodologia vàlida per a analitzar els estats financers d'una única empresa, presenta problemes quan les ràtios s'utilitzen com a variables en anàlisis estadístiques sectorials, fins i tot amb les tècniques estadístiques més elementals. I el problema augmenta quan s'usa estadística multivariant (Cowen i Hoffer, 1982; Carreras-Simó i Coenders, 2020; Creixans-Tenas *et al.*, 2019; Linares-Mustarós *et al.*, 2018; Saus-Sala *et al.*, 2021) o models estadístics basats en la distribució normal (Arimany-Serrat *et al.*, 2023; Carreras-Simó i Coenders 2021), característica que les ràtios estàndard rarament compleixen (Deakin, 1976; So, 1987). Per contra, la metodologia CoDa assegura que una vegada calculades les coordenades ilr, l'anàlisi amb qualsevol mètode estadístic pot fer-se sense problema i amb resultats correctes (Pawlowsky-Glahn *et al.*, 2015).

L'únic requisit de les magnituds comptables a emprar és que siguin estrictament positives, la qual cosa no sol ser una limitació, perquè les magnituds que poden ser negatives solen ser redundants a partir d'unes altres sempre positives (per exemple, la informació sobre beneficis, que poden ser negatius, ja està inclosa en els sempre positius ingressos i despeses, o la informació sobre el fons de maniobra que pot ser negatiu ja està inclosa en els sempre positius actiu corrent i passiu corrent). De fet, des del mateix

camp comptable s'han alçat veus contra l'ús de magnituds negatives també amb les ràtios clàssiques (Lev i Sunder, 1979; Creixans-Tenas *et al.*, 2019) perquè poden causar inversions de la interpretació i discontinuïtats, a part que són contradictòries amb la teoria del mesurament segons la qual les ràtios només són una operació vàlida amb variables en escala de raó, és a dir, amb un zero absolut i sense valors negatius.

El cas que una massa patrimonial sigui exactament zero també representa un problema per a les ràtios clàssiques perquè un zero no és una magnitud relativa a res i al damunt impossibilita el càlcul de la ràtio en el cas de trobar-se en el denominador. Al contrari que l'anàlisi comptable clàssica, la metodologia CoDa ofereix mètodes d'imputació de zeros eficients segons supòsits molt variats (Martín-Fernández *et al.*, 2012) que constitueixen un avantatge addicional del seu ús.

Aquest article pretén obrir un diàleg en els àmbits estadístic i comptable respecte a la necessitat de trobar una nova metodologia de treball per al diagnòstic de la salut econòmica i financera d'un sector d'activitat empresarial. Atès que els resultats més fidedignes sostenen millor la presa de decisions de gestió, la cerca d'una metodologia més fiable interessa a la comunitat comptable.

5. Conclusions

El present treball evidencia les diferències entre les ràtios financeres clàssiques o convencionals i les ràtios composicionals. En concret, l'estudi valora que les ràtios composicionals tendeixen a tenir menys valors atípics, menys asimetria, i que el denominador i el numerador en permutar-se no modifiquen els resultats.

D'una altra part, quan s'utilitzen ràtios comptables convencionals o estàndard, la permutació del numerador i el denominador condueix a diferències substancials en les conclusions. Els valors atípics emergeixen o desapareixen, i les relacions amb els indicadors no comptables es tornen significatives o deixen de ser-ne, i existeixen contradiccions freqüents entre els resultats sobre aquestes relacions, tant de les ràtios estàndard amb les seves contraparts composicionals o de les ràtios estàndard amb les seves contraparts permutades. En aquest sentit, el present treball posa en evidència, en el cas del sector cerveser i per a dues ràtios concretes, les diferències entre les ràtios convencionals i les ràtios composicionals.

La recerca convida a la reflexió en estudis de tipus comparatiu entre diferents metodologies de diagnòstic de la salut econòmica i financera en els diferents sectors d'activitat. A més, aquesta metodologia té gran poten-

cial en anàlisis elaborades sobre la base d'un major nombre de masses patrimonials i de ràtios, a fi d'ajudar a decidir les polítiques econòmiques i empresarials més convenients. Així doncs, el diagnòstic de la salut econòmica i financera d'un sector és de notable transcendència en una societat en constant canvi i transformació, per la qual cosa les decisions econòmiques s'han de basar en anàlisis metodològicament fidedignes.

L'aplicació de la metodologia CoDa en l'anàlisi comptable de qualsevol sector, utilitzant les tècniques estadístiques oportunes sobre les coordenades il·l·l pot realitzar-se sense problema i amb resultats correctes (Pawlowsky-Glahn *et al.*, 2015).

Una limitació que pateix el treball és la d'utilitzar només dues ràtios convencionals i no haver utilitzat un major nombre de masses patrimonials i de ràtios per a l'anàlisi, ja que es podria evidenciar encara més les diferències utilitzant la metodologia CoDa. En futurs treballs s'estendrà l'anàlisi, mitjançant aquesta metodologia, a diferents sectors d'activitat fent servir un major nombre de masses patrimonials i de ràtios, o un altre tipus d'indicadors no comptables, per a valorar les notables diferències en els resultats.

Finançament

Aquest treball ha estat finançat pel Ministeri Espanyol de Ciència i Innovació i FEDER (projecte «GENERATION and transfer of compositional data analysis knowledge (CODA-GENERA)-PID2021-123833OB-I00») per la Generalitat de Catalunya (grups consolidats «Compositional and Spatial Data Analysis (COSDA)-2021SGR01197», «Emprèn-2021SGR00403», i «Anàlisi de la Incertesa i dels Sistemes d'Informació per a l'Economia, l'Empresa i les Organitzacions (INSIEC)-2021SGR00612»), i pel Ministeri de Sanitat (grup consolidat «CIBERB06/02/1002»).

Referències bibliogràfiques

- AITCHISON, J. (1986) "The statistical analysis of compositional data. Monographs on statistics and applied probability", Chapman and Hall, Londres.
- AMAT SALAS, O. (2020) "Caso práctico de utilización de ratios para la detección de fraudes contables", *Técnica Contable y Financiera*, vol. 33, vol. 98-105.
- ARIMANY-SERRAT, N.; FARRERAS-NOGUER, M. À. i COENDERS, G. (2022) "New developments in financial statement analysis. Liquidity in the winery sector", *Accounting*, vol. 8, pp. 355-366.

- ARIMANY-SERRAT, N.; FARRERAS-NOGUER, A. i COENDERS, G. (2023) “Financial resilience of Spanish wineries during the COVID-19 lockdown”, *International Journal of Wine Business Research*, vol. 35, pp. 346-364.
- CARRERAS-SIMÓ, M. i COENDERS, G. (2020) “Principal component analysis of financial statements. A compositional approach”, *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, vol. 29, pp. 18-37.
- CARRERAS SIMÓ, M. i COENDERS, G. (2021) “The relationship between asset and capital structure: a compositional approach with panel vector autoregressive models”, *Quantitative Finance and Economics*, vol. 5, pp. 571-590.
- COWEN, S. S. i HOFFER, J.A. (1982) “Usefulness of financial ratios in a single industry”, *Journal of Business Research*, vol. 10, pp. 103-118.
- CREIXANS-TENAS, J.; COENDERS, G. i ARIMANY-SERRAT, N. (2019) “Corporate social responsibility and financial profile of Spanish private hospitals”, *Heliyon*, vol. 5, e02623.
- DEAKIN, E. B. (1976) “Distributions of financial accounting ratios: some empirical evidence”, *The Accounting Review*, vol. 51, pp. 90-96.
- FERRER-ROSELL, B.; COENDERS, G. i MARTIN-FUENTES, E. (2022) “Compositional data analysis in e-tourism research”, en ZHENG, X.; FUCHS, M.; GRETZEL, U. i HÖPKEN, W. (eds.), “Handbook of e-tourism”, Springer, Cham, pp. 893-917.
- FRECKA, T. J. i HOPWOOD, W. S. (1983) “The effects of outliers on the cross-sectional distributional properties of financial ratios”, *Accounting Review*, vol. 58, pp. 115-128.
- LEV, B. i SUNDER, S. (1979) “Methodological issues in the use of financial ratios”, *Journal of Accounting and Economics*, vol. 1, pp. 187-210.
- LINARES-MUSTARÓS, S.; COENDERS, G. i VIVES-MESTRES, M. (2018) “Financial performance and distress profiles. From classification according to financial ratios to compositional classification”, *Advances in Accounting*, vol. 40, pp. 1-10.
- LINARES-MUSTARÓS, S.; FARRERAS-NOGUER, M. À.; ARIMANY-SERRAT, N. i COENDERS, G. (2022) “New financial ratios based on the compositional data methodology”, *Axioms*, vol. 11, 694.
- MARTÍN-FERNÁNDEZ, J. A.; HRON, K.; TEMPL, M.; FILZMOSER, P. i PALAREA-ALBALADEJO, J. (2012) “Model-based replacement of rounded zeros in compositional data: classical and robust approaches”, *Computational Statistics & Data Analysis*, vol. 56, pp. 2688-2704.
- MCLEAY, S. i OMAR, A. (2000) “The sensitivity of prediction models to the non-normality of bounded and unbounded financial ratios”, *The British Accounting Review*, vol. 32, pp. 213-230.

- PAWLOWSKY-GLAHN, V.; EGOZCUE, J. J. i TOLOSANA-DELGADO, R. (2015) "Modeling and analysis of compositional data", Wiley, Chichester.
- SAUS-SALA, E.; FARRERAS-NOGUER, M. À.; ARIMANY-SERRAT N. i COENDERS, G. (2021) "Compositional DuPont analysis. A visual tool for strategic financial performance assessment", en FILZMOSE, P.; HRON, K.; MARTÍN-FERNÁNDEZ, J. A. i PALAREA-ALBALADEJO, J. (eds.), "Advances in compositional data analysis", Springer, Cham, pp. 189-206.
- SAUS-SALA, E.; FARRERAS-NOGUER, M. À.; Arimany-Serrat, N. i COENDERS, G. (2023) "Análisis de las empresas de turismo rural en Cataluña y Galicia: rentabilidad económica y solvencia 2014-2018", Cuadernos del CIMBAGE, vol. 25, pp. 33-54.
- So, J. C. (1987) "Some empirical evidence on the outliers and the non-normal distribution of financial ratios", Journal of Business Finance & Accounting, vol. 14, pp. 483-496.
- THIÓ-HENESTROSA, S. i MARTÍN-FERNÁNDEZ, J. A. (2005) "Dealing with compositional data: The freeware CoDaPack", Mathematical Geology, vol. 37, 773-793.