169a

USO DE RATIOS CODA COMO PROPUESTA PARA MINIMIZAR O ELIMINAR PROBLEMAS INTRÍNSECOS AL USO DE RATIOS CLÁSICAS

Salvador Linares-Mustarós[a]

Maria Àngels Farreras Noguer[b]

Núria Arimany Serrat[c]

Germà Coenders Gallart[d]

[a] Profesor Investigador del Departamento de Empresa de la Universitat de Girona.
GIRONA, España

[b] Profesora Titular del Departamento de Empresa de la Universitat de Girona.
GIRONA, España

[c] Profesora Titular del Departamento de Empresa de la Universitat de Vic.
VIC, España

[d] Catedrático del Departamento de Economía de la Universitat de Girona.
GIRONA, España

Área temática: A) Información Financiera y Normalización Contable.

Palabras clave: ratios, analisis composicional

USO DE RATIOS CODA COMO PROPUESTA PARA MINIMIZAR O ELIMINAR PROBLEMAS INTRÍNSECOS AL USO DE RATIOS CLÁSICAS

Resumen

El uso de ratios financieras es una de las propuestas más consolidadas dentro del análisis de la salud financiera de una empresa o un sector. La construcción matemática de las ratios permite una primera clasificación respecto algunos parámetros de la salud empresarial. Lamentablemente, esa misma construcción matemática produce una serie de inconvenientes que en determinadas situaciones puede conllevar a unos resultados finales completamente erróneos. El presente trabajo muestra diversas situaciones de este tipo y propone el uso de un nuevo tipo de ratios alternativas para evitar posibles resultados incorrectos que pueden darse con el uso de las ratios clásicas.

1. Introducción

La palabra “ratio” es considerada por la Real Academia Española como un sinónimo de la palabra “razón” y consiguientemente definida como un cociente entre dos números o, en general, de dos cantidades comparables entre sí.

Aunque existen diferentes formas de representar una ratio, actualmente, la más habitual consiste en representarla por medio de una fracción del estilo A/B. Esta representación permite que el valor numérico de una ratio puede ser interpretada como las veces que una de las cantidades está contenida en la otra. En dicha interpretación, juega un papel importante el concepto de equivalencia entre fracciones, el cual permite declarar que en una ratio de valor 3/2 (=1,5/1), la cantidad A es una vez y media la cantidad B, o que en una ratio de valor 0,2 (=20/100), la cantidad A es el 20% de B.

Las ratios financieras, entendidas como cocientes entre dos magnitudes económicas, deben a dichas interpretaciones su enorme expansión en la praxis contable. Éstas complementan la información que nos aportan los estados financieros expresados en unidades monetarias, facilitando la comparación tanto en el tiempo, con el devenir de la propia empresa, como en el espacio, al poderse comparar con otras empresas de la misma industria. Bernstein (1999) afirma que en el análisis financiero tradicional las ratios representan el producto final de la investigación pues a partir de ellas se genera el diagnóstico de un área concreta de la empresa.

Los analistas financieros han tratado de ofrecer unos intervalos aconsejables donde debe ubicarse el valor de cada ratio. En este campo cabe destacar las aportaciones de Lev (1969) que analiza las diferentes estrategias que utilizan las empresas para llegar a valores óptimos, proponiendo la hipótesis que existe un valor de equilibrio para cada ratio y en cada sector, y sugiriendo que las ratios realizan un proceso de ajuste hacia el valor óptimo que es la respuesta a nuevas estrategias de la empresa o a cambios en el entorno. Gallizo (2005) indica que debemos tratar al óptimo, como una herramienta que sirva de guía en la gestión empresarial. No obstante, se ha de ser consciente que los usuarios de esta metodología pueden caer a menudo en una reducción simplista que puede desvirtuar el diagnóstico. Por ejemplo, en el caso de interpretar la ratio de solvencia como la parte del pasivo corriente que puede ser abonada en un momento determinado con los saldos del activo también corriente que se convierten en tesorería a lo largo del transcurso del ciclo de explotación, si se considera acertada la idea de que el valor óptimo de esta ratio debe pertenecer al intervalo de “1,5” a “2”, con lo cual se justifica la idea que el activo corriente tenga un saldo alrededor de un 50% o 100% superior al pasivo corriente para que la empresa presente puntualidad de pago, la consideración puede tomarse como excesivamente simplista al no incorporar en el modelo el estudio de los diferentes vencimientos tanto de activos como pasivos que podrían indicar la verdadera correlación de inversión y financiación, y por tanto las necesidades reales de tesorería en cada momento. La heterogeneidad de las empresas con las cuales trabajamos hace difícil una generalización que pueda ser aplicada a todos los sectores, si bien, una de las ventajas que se han puesto de manifiesto al realizar estudios empíricos a nivel de sector, es la posibilidad de tomar como referencia las ratios sectoriales por la comparación que se puede realizar con los de la empresa analizada, lo cual ofrece una respuesta de la posición del individuo en la industria (Suarez, 2004).

Un segundo problema relacionado con la idea de un valor de ratio óptimo está relacionado con el supuesto que las ratios permiten la comparación entre empresas al eliminar las consecuencias de la divergencia que provoca la diferencia de tamaño (Whittington, 1980). Autores como Lev y Sunder (1979) enunciaron que el efecto del tamaño era un problema abierto y Foster (1986) ratifica la idea en advertir sobre la importancia de controlar el efecto de las diferencias de tamaño para una aplicación efectiva de las ratios. Otros autores defienden la hipótesis que el tamaño de la empresa sí es relevante en el análisis financiero y que este puede quedar desvirtuado si únicamente utilizamos como metodología el análisis por ratios (Serrano Cinca et al., 2005; Sudarsanam y Taffler, 1995).

Un tercer problema relacionado con esta línea de trabajo con los ratios está relacionado con los criterios de valoración. Existen estudios (Shah y Murtaza, 2000) que nos indican la divergencia de resultados al escoger el valor contable o el valor de mercado, pero también debemos hacer referencia a la subjetividad que pueden presentar partidas como las amortizaciones o las provisiones y la capacidad de maquillaje contable que pueden ocasionar.

Otro problema asociado al trabajo con ratios guarda relación con la idea que dichas ratios son magnitudes estáticas que ofrecen la visión de la empresa en un momento determinado. En este sentido, una cuenta puede sufrir variaciones importantes de un día a otro. A título de ejemplo, ratios relacionados con las existencias pueden presentar variaciones de forma no continua para un mismo período en función de la política de compras de la empresa en cada ejercicio.

Cabe mencionar que en algunos casos, las magnitudes utilizadas en las razones financieras pueden ser negativas, como las ganancias y el fondo de maniobra (Martikainen et al., 1995). Los signos negativos surgen habitualmente porque en el numerador o el denominador se restan dos magnitudes intrínsecamente positivas (por ejemplo, ingresos y gastos, activos corrientes y pasivos corrientes). Este tipio de razoned requieren un tratamiento especial y, a menudo, una interpretación complicada, especialmente cuando las magnitudes puede ser positivas y negativas a la vez, lo que puede causar una discontinuidad (Lev y Sunder, 1979). En algunos casos, en lugar de generar razones negativas, el análisis puede revertir a las magnitudes positivas originales sin pérdida de información (Lev y Sunder, 1979). Por ejemplo, la razón de beneficios sobre activos puede substituirse sin pérdida de información por dos razones estrictamente positivas, una de ingresos sobre activos y una de costes sobre activos. La diferencia entre ambas es la ratio substituida.

Finalizaremos esta introducción a los problemas más conocidos de las ratios en estudios de salud empresarial con un problema metodológico matemático relacionado con el caso en el que los denominadores sean 0. Dada la imposibilidad matemática de dividir por 0, los casos especiales en los que el denominador de la ratio es 0 deben tratarse con especial atención.

Ahora bien, existen otros graves problemas metodológicos en el uso de las ratios, creando graves problemas estructurales en diversos tipos de problema de ámbito estadístico o matemático. Por ejemplo, en problemas de análisis predictivo o en problemas de agrupación de empresas mediante métodos clúster (Linares-Mustarós et al., 2018).

En la búsqueda de solución a estos problemas, existen multitud de trabajos aparecidos en la literatura de análisis con ratios que proponen una transformación inicial en los datos obtenidos a fin de evitar algunos de esos problemas. Esto incluye transformaciones Box-Cox, logarítmicas, por rangos, por raíces cuadradas, por recorte de valores atípicos, y por winsorización de valores atípicos.

El presente trabajo tiene por objetivo presentar algunos de los más graves problemas con el uso de ratios en ciertas técnicas estadísticas o matemáticas justificando una propuesta de transformación inicial de los datos financieros a partir de unas transformaciones logarítmicas siguiendo una nueva estructura de ratios basada en la teoría de datos composicionales (CoDa), que soluciona o minimiza la totalidad de dichos problemas.

Para lograr el objetivo anterior, el trabajo se ha estructurado en dos apartados principales. En el primero se detallan las dificultades habituales de las ratios clásicas. En el siguiente se presenta una propuesta alternativa que presenta ventajas metodológicas respecto de la clásica. Finalmente, a fin de concluir el trabajo se presenta un apartado de conclusiones y la bibliografía utilizada.

2. Deficiencias del uso de las ratios clásicas cuando son utilizadas como datos de entrada

El presente apartado muestra diferentes problemas metodológicos que un investigador debe tener en cuenta a la hora de utilizar las ratios financieras clásicas como datos de entrada para obtener a través de una técnica matemática o estadística unos datos de salida.

2.1. El problema de la imposibilidad de obtener ratios menores de 0.

En las ratios en las que los valores del numerador y denominador son positivos, aparece un problema relacionado con la imposibilidad de obtener ratios menores de 0. Ello implica que la probabilidad de que un ratio sea menor que 0 es 0 i no casi 0, planteando la posible insensatez del uso de distribuciones de probabilidad continuas de menos infinito a más infinito como la normal (Martikainen et al., 1995 ; Mcleay y Omar, 2000; So, 1987).

2.2. El problema de la asimetría respecto a la media.

Las razones también tienden a tener distribuciones asimétricas porque las disminuciones en el denominador producen cambios más grandes en el valor de la ratio que los aumentos (Frecka y Hopwood, 1983) posibilitando que se creen distribuciones con asimetría positiva. Dado que las distribuciones asimétricas pueden conducir a que las relaciones entre los coeficientes financieros no sean lineales (Cowen y Hoffer, 1982), este hecho puede impedir ciertos análisis estadísticos. Por otra parte, en el caso particular del análisis de conglomerados, las distribuciones asimétricas hacen que algunos conglomerados sean muy pequeños (Feranecová y Krigovská, 2016; Santis et al., 2016; Sharma et al., 2016; Yoshino et al. al., 2016) perjudicando así por ejemplo una agrupación más general de empresas.

2.3. El problema de la asimetría de la distancia euclidiana.

Las razones también son asimétricas respecto la distancia euclidiana pues desviaciones de mismos valores en el numerador y en el denominador no tienen por qué comportarse de igual modo (Frecka y Hopwood, 1983). Por ejemplo, comenzando desde $x_1/x_2 = 1$, cuando x_1 se duplica, se obtiene $x_1/x_2 = 2$; por el contrario, si es x_2 el que se duplica, se obtiene $x_1/ x_2 = 0,5$. Por lo tanto, la distancia con respecto a la unidad depende de cuál de las dos partes se dobla o, en otras palabras, de cuál de las partes está en el numerador y cuál en el denominador. Las diferentes distancias a igual movimiento respecto el valor inicial puede amenazar los resultados del análisis de conglomerados.

2.4. El problema de la arbitrariedad de la distancia euclidiana.

Un conjunto diferente de razones conduce a diferentes distancias, incluso si involucran exactamente el mismo conjunto de cuentas financieras.

Consideremos el caso de solo dos cuentas financieras x_1 y x_2 y dos ratios posibles: $r_1 = x_1/x_2$ y $r_2 = x_2 / x_1$. Consideremos tres empresas A, B y C, tales que $x_{1A} = 1$, $x_{2A} = 1$, $x_{1B} = 1$, $x_{2B} = 2$, $x_{1C} = 2$, $x_{2C} = 1$. Los valores de razón son $r_{1A} = r_{2A} = 1$, $r_{1B} = 0,5$, $r_{2B} = 2$, $r_{1C} = 2$, $r_{2C} = 0,5$. Intuitivamente, las razones r_1 y r_2 deben contener la misma información sobre las empresas. Sin embargo, las distancias euclidianas calculadas a partir de r1 son d (A, B) = 0,5, d (A, C) = 1 y d (B, C) = 1,5, mientras que las distancias euclidianas calculadas a partir de r_2 son d (A, B) = 1, d (A, C) = 0,5 y d (B, C) = 1,5. En otras palabras, cuando se usa r_1, las firmas A y B tienden a agruparse y cuando se usa r_2, las empresas A y C tienden a agruparse.

2.5. El problema del enfoque de la distancia euclidiana en el error absoluto más que en el relativo.

La distancia euclidiana puede llevar a una confusión cuando se intenta calcular distancias en información relativa. Por ejemplo, la distancia euclidiana considera que el par de valores 1 y 2 están tan distantes entre sí como 100001 y 100002, mientras que en el primer par la diferencia relativa es del 100% y en el segundo mucho menos del 1%.

2.6. El problema de la correlación

Las razones también son asimétricas en sus correlaciones. Las transformaciones no lineales modifican las correlaciones (Freeman y Modarres, 2005), y esto incluye la transformación inversa. Por lo tanto, a pesar del hecho de que las razones x_1/x_2 y x_2/x_1 contienen la misma información sobre las magnitudes relativas de x_1 y x_2, sus correlaciones con las variables externas diferirán. Intuitivamente, uno esperaría que la introducción de x_1/x_2 o x_2/x_1 en un modelo estadístico debiera conducir a los mismos resultados a excepción de una inversión de signo. Desafortunadamente, este no es el caso. Una vez más, la decisión arbitraria de permutar qué cuenta está en el numerador y cuál en el denominador cambiará los resultados.

2.7. El problema de los valores atípicos

La aparición de valores atípicos por culpa de dividir por valores extremamente pequeño es un problema muy conocido (Balcaen y Ooghe, 2006, Cowen y Hoffer, 1982, Ezzamel y Mar-Molinero, 1990, Lev y Sunder, 1979; So, 1987, Watson, 1990). El problema ocasiona distribuciones extremadamente asimétricas siendo esos valores atípicos la posible principal fuente de asimetría positiva en las distribuciones (Frecka y Hopwood, 1983).

2.8. El problema de la redundancia

La redundancia de las más de 100 ratios actualmente en uso (Chen y Shimerda, 1981), conduce a correlaciones espurias (Balcaen y Ooghe, 2006), especialmente entre las razones con el mismo denominador (Lev y Sunder, 1979). Por lo menos, la redundancia amenaza la parsimonia. En casos extremos, existe una dependencia exacta entre las razones. Por ejemplo, el inverso de la ratio entre el pasivo y el activo es el coeficiente de capital a deuda más uno. En el análisis de conglomerados, esta redundancia conduce a que los grupos no capturen los perfiles distintivos adecuados.

2. Teoría de datos composicionales

Los métodos de datos composicionales (CoDa) surgieron en los campos de la geología y la química. Los análisis químicos típicamente centran el interés en la importancia relativa de las partes de la roca o sustancia que se analiza. La composición química es por lo tanto el foco de interés, mientras que el tamaño de la muestra es en gran medida irrelevante. Después de las obras fundamentales de Aitchison (1982, 1986) treinta años de desarrollo han llevado a una caja de herramientas estándar bien establecida para el análisis de la composición bien cubierta en los libros de texto del tema (Boogaart and Tolosana-Delgado, 2013; Pawlowsky-Glahn, Egozcue y Tolosana-Delgado, 2015). Recientemente, CoDa también se ha aplicado en las ciencias gerenciales para responder preguntas de investigación relacionadas con magnitudes relativas (Ferrer-Rosell y Coenders, 2018). En el caso concreto del campo contable y financiero nos constan las aplicaciones de Ortells, Egozcue, Ortego y Garola (2016); Belles-Sampera, Guillen y Santolino (2016); Davis, Hmieleski, Webb y Coombs (2017) y Linares-Mustarós, Vives-Mestres y Coenders (2018).

CoDa nació como respuesta a los problemas encontrados al aplicar métodos estadísticos estándar en datos de partes de un todo con a menudo suma constante (Aitchison, 1986) que conducían a la violación de supuestos clave. Recientemente, el énfasis en CoDa se ha desplazado del problema de la suma constante y de la violación de la asunción estadística al gran interés en las magnitudes relativas. El término análisis composicional (Barceló-Vidal y Martín Fernández, 2016) se ha acuñado para referirse al hecho de que el análisis de las magnitudes relativas, impulsado por los objetivos del profesional y las preguntas de investigación, es lo que hace que un análisis sea composicional, y no el hecho de que los datos puedan constituir partes de un todo o tener suma constante. Esto permite la aplicación de la metodología CoDa en el análisis financiero, en el cual el interés siempre es comparar magnitudes, y en el cual las magnitudes que se comparan (cuentas del balance, de la cuenta de resultados o incluso magnitudes no contables como número de empleados o valor de la empresa en el mercado) ni tienen suma fija ni pertenecen a un mismo todo.

A continuación se profundizará en las definiciones generales de la teoría.

Definición 1. Un vector $\boldsymbol{x}$ de dimensión *D* en el hiperoctante real positivo es:

$$\boldsymbol{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in \Re_+^{\mathrm{D}} \text{ tal que } x_j > 0, j = 1,2, \dots \mathrm{D}$$

los elementos x_j se denominan componentes.

Definición 2. El vector $\boldsymbol{x}$ es un vector de datos composicionales si la información que contiene concierne el tamaño relativo de sus componentes entre sí (Aitchison, 1986).

Definición 3. Diremos que un problema es composicional cuando no importe que en los datos de entrada se utilice los elementos de un vector **x** o los elementos de **x** multiplicados por una constante. Es decir, cuando el análisis del problema con cualquiera de los dos vectores conduzca a los mismos resultados (esta afirmación es conocida como el principio de invariancia de escala del problema).

Definición 4. En el contexto de un problema composicional, diremos que dos vectores tales que los elementos de uno de ellos coincide con los elementos del otro al ser multiplicados por una constante, son composiciones equivalentes (Barceló-Vidal y Martín-Fernández, 2016).

Ejemplo 1. A modo ilustrativo, partimos del balance simple de la Figura 1.

Activo	**Patrimonio neto y pasivo**
x_1 = Activo no corriente	x_4 = Patrimonio neto
x_2 = Existencias (activo corriente)	x_5 = Pasivo no corriente
x_3 = Otro activo corriente	x_6 = Pasivo corriente

Figura 1. Balance de situación simplificado.

En un problema de análisis financiero mediante ratios bajo el supuesto que el tamaño de la empresa no afecta al análisis, una empresa con la estructura $\boldsymbol{x} = (1000{,}1000{,}1000{,}1000{,}1000{,}1000)$ sería considerada exactamente con el mismo nivel de salud que una empresa con la estructura $\boldsymbol{x} = (3000{,}3000{,}3000{,}3000{,}3000{,}3000)$. En este caso el problema sería considerado como un problema composicional.

Definición 5. Se define la distancia de Aitchison (Aitchison, Barceló-Vidal, Martín-Fernández y Pawlowsky-Glahn, 2000; Aitchison, 1983) entre dos datos composicionales **x** y **x*** como:

$$d(x, x*) = \sqrt{\frac{1}{D}\sum_{i<j}\left(ln\frac{x_i}{x_j} - ln\frac{x_i^*}{x_j^*}\right)}, donde\ j = 2,3, \dots, D\ y\ i = 1,2, \dots, j-1$$

CoDa utiliza logaritmos de razones como transformaciones estándar (Pawlowsky-Glahn et al., 2015), haciendo coherente la noción de las distancia de Aitchison. En todas las posibles transformaciones siempre se definen logaritmos de una razón (log-ratios) entre componentes individuales o medias geométricas de componentes, y se suele incluir una constante de escala. Ello produce que la suma de exponentes en el numerador y el denominador es igual, obteniendo razones logarítmicas idénticas cuando las magnitudes relativas de los componentes son las mismas, obteniendo con ello el principio de invariancia de escala. Como argumento adicional para utilizar las transformaciones por log-ratios es que estas resuelven el problema de la asimetría y tienden a estar distribuidos de forma aproximadamente normal (Aitchison, 1986). La normalidad después de una transformación de registro está justificada por la distribución logarítmica normal aditiva (Aitchison, 1982). También está teóricamente respaldada por el equivalente composicional al teorema del límite central (ver Pawlowsky Glahn et al., 2015a para más detalles) o si la distribución del numerador y del denominador son log normales.

3. Uso de ratios financieras CoDa

Partiremos del balance simplificado de la Figura 1, que es suficiente para calcular los ratios de solvencia a corto plazo, de endeudamiento y de calidad de la deuda, más comunes, incluyendo la razón de *solvencia a corto plazo (liquidez)* = $(x_2 + x_3) / x_6$; la razón de *endeudamiento* = $(x_5 + x_6)/(x_4 + x_5 + x_6)$, la razón de *prueba ácida* = x_3 / x_6 y la razón de *calidad de la deuda* = $x_6/(x_5 + x_6)$.

La propuesta de ratios CoDa parte del diagrama de árbol que relaciona los diferentes componentes, en nuestro ejemplo las *D*=6 cuentas del balance simplificado de la figura 2. Para estudiar el tamaño relativo de *D*=6 componentes nunca serán necesarias más de *D*-1=5 log-ratios, que se pueden calcular comparando las medias geométricas de los componentes de cada rama del diagrama de árbol en cada una de sus particiones.

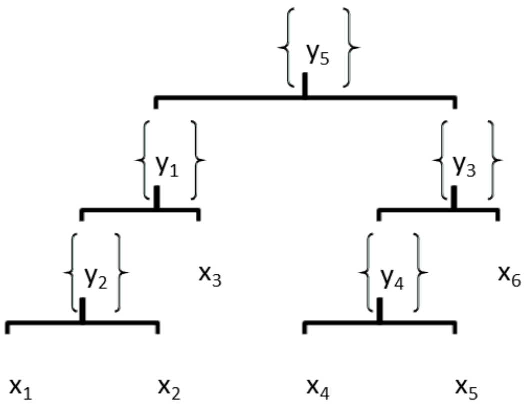

Figura. 2. Diagrama en árbol

Concretamente, de acuerdo con el diagrama de la figura 2, se pueden usar las siguientes log-ratios calculadas según la metodología CoDa como sustitutos de las ratios financieras tradicionales. Estas log-ratios se llaman coordenadas por log-ratios isométricas, o coordenadas ilr:

$$y_1 = \sqrt{\frac{2}{3}} \ln\left(\frac{(x_1 x_2)^{1/2}}{x_3}\right) \quad y_2 = \sqrt{\frac{1}{2}} \ln\left(\frac{x_1}{x_2}\right)$$

$$y_3 = \sqrt{\frac{2}{3}} \ln\left(\frac{(x_4 x_5)^{1/2}}{x_6}\right) \quad y_4 = \sqrt{\frac{1}{2}} \ln\left(\frac{x_4}{x_5}\right)$$

$$y_5 = \sqrt{\frac{9}{6}} \ln\left(\frac{(x_1 x_2 x_3)^{1/3}}{(x_4 x_5 x_6)^{1/3}}\right)$$

Los términos $\sqrt{\frac{2}{3}}$, $\sqrt{\frac{1}{2}}$ y $\sqrt{\frac{9}{6}}$ son las constantes de escala calculadas como la raíz del cociente entre *nd*/(*n*+*d*) donde *n* es el número de componentes en el numerador y *d* el número de componentes en el denominador, respectivamente.

Es interesante observar que se puede crear cualquier otra posible propuesta de log-ratio a partir de combinaciones lineales de las ratios anteriores. Por ejemplo, una log-ratio que compare deuda con patrimonio neto aunque no figure en el árbol de la figura 2 puede obtenerse como:

$$-\frac{1}{2}\sqrt{\frac{3}{2}} y_3 - \frac{3}{4}\sqrt{\frac{2}{1}} y_4 = \ln\left(\frac{x_6^{1/2} x_5^{3/4}}{(x_4 x_5)^{1/4} x_4^{3/4}}\right) = \ln\left(\frac{(x_5 x_6)^{1/2}}{x_4}\right)$$

o bien una ratio que compare activo circulante menos existencias con pasivo circulante como hace la prueba ácida:

$$\sqrt{\frac{3}{2}} y_3 - \sqrt{\frac{3}{2}} y_1 = \ln\left(\frac{x_3}{x_6}\right) + \ln\left(\frac{(x_4 x_5)^{1/2}}{(x_1 x_2)^{1/2}}\right)$$

La observación anterior hace innecesaria la búsqueda de nuevas ratios que mejoren el resultado presentado, por el hecho que *D*-1 log-ratios independientes ya contienen toda la información posible. Relacionado con esta idea, la idea de la elección de trabajar con ratios CoDa tiene por misión asegurar el tener una baja redundancia. Añadir ratios innecesarias solo puede aumentarla.

Por otro lado, la elección de las log-ratios calculadas según la metodología CoDa permite que la distancia euclidiana sobre ellas sea equivalente a trabajar con la distancia de Aitchison. Esto facilita el no tener que modificar programas informáticos a la hora de realizar cálculos. Dado que seguimos teniendo una distancia, la conexión con los resultados no resulta cuestionada.

Dado que CoDa no se limita a estudiar partes de un todo (en nuestro caso, el balance general), el enfoque puede generalizarse para incluir la cuenta de pérdidas y ganancias, definiendo componentes adicionales con elementos seleccionados de esta cuenta, ordenados arbitrariamente. Simplemente agregando x_7 = costos de operación y x_8 = ventas, obtenemos dos coordenadas adicionales: y_6 e y_7 que aportan, respectivamente, información sobre la rotación y el margen.

$$y_6 = \sqrt{\frac{12}{8}} \ln\left(\frac{(x_7 x_8)^{1/2}}{(x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 x_6)^{1/6}} \right)$$

$$y_7 = \sqrt{\frac{1}{2}} \ln\left(\frac{x_8}{x_7} \right)$$

El nuevo esquema de relaciones está representado en la figura 3.

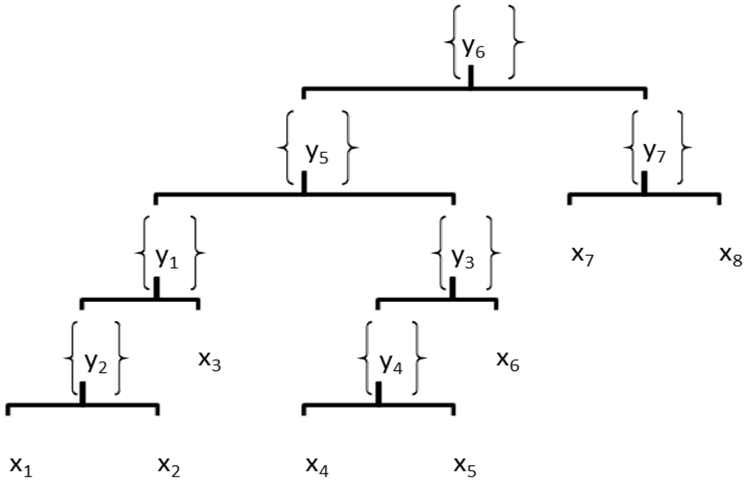

Figura. 3. Diagrama en arbol de balance con vendas y costos de operación.

De la misma manera, es posible agregar cualquier otra magnitud positiva cuyo tamaño se desee comparar con el balance general en términos relativos. Esto se aplica incluso para magnitudes no monetarias, como la cantidad de empleados, como se suele hacer cuando se utilizan ratios para fines de gestión y evaluación de estrategia o rendimiento. Las magnitudes requeridas pueden simplemente agregarse a las magnitudes de gastos e ingresos seleccionados, en cualquier orden.

4. Discusión, limitaciones e investigación futura

El método de análisis de estados financieros propuesto basado en CoDa se reduce a los logaritmos de ratios llamadas coordenadas ilr.

Estas nuevas ratios presentan ventajas en los problemas mencionados en el apartado 2, solucionando problemas como por ejemplo la falta de simetría respecto de 0 o minimizando otros problemas del mismo apartado, como por ejemplo el hecho de que las ratios presentadas tienden a tener una distribución simétrica y dado que la distancia euclidiana calculada a partir de ellas es equivalente a la distancia de Aitchison, su uso no modifica los métodos conocidos pues permiten ser utilizados en problemas de análisis con los métodos y el software favoritos de los investigadores. Asimismo, las preocupaciones en la literatura sobre la elección de las mejores razones, obstaculizadas por su redundancia mutua y, por lo tanto, intercambiabilidad, y por la falta de fundamentos teóricos profundos que favorecen una razón sobre la otra, se evitan al usar CoDa.

Referencias

Aitchison, J. (1982). The statistical analysis of compositional data. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 44(2), 139–177.

Aitchison, J. (1983). Principal component analysis of compositional data. *Biometrika*, 70(1), 57–65.

Aitchison, J. (1986). *The statistical analysis of compositional data. Monographs on statistics and applied probability*. London: Chapman and Hall.

Aitchison, J., Barceló-Vidal, C., Martín-Fernández, J.A., y Pawlowsky-Glahn, V. (2000). Logratio analysis and compositional distances. *Mathematical Geology*, 32(3), 271-275.

Balcaen, S., y Ooghe, H. (2006). 35 years of studies on business failure: an overview of the classic statistical methodologies and their related problems. *The British Accounting Review*, *38*(1), 63-93.

Barceló-Vidal, C., y Martín-Fernández, J.A. (2016). The mathematics of compositional analysis. *Austrian Journal of Statistics*, 45(4), 57-71.

Belles-Sampera, J., Guillen, M., & Santolino, M. (2016). Compositional methods applied to capital allocation problems. *Journal of Risk*. Forthcoming

Bernstein, L. A. (1993). *Analysis of financial statements*. Irwin Professional Publishing.

Chen, K.H., y Shimerda, T.A. (1981). An empirical analysis of useful financial ratios. *Financial Management*, 10(1), 51-60.

Cowen, S.S., y Hoffer, J.A. (1982). Usefulness of financial ratios in a single industry. *Journal of Business Research*, 10(1), 103-118.

Davis, B. C., Hmieleski, K. M., Webb, J. W., & Coombs, J. E. (2017). Funders' positive affective reactions to entrepreneurs' crowdfunding pitches: The influence of perceived product creativity and entrepreneurial passion. *Journal of Business Venturing*, 32(1), 90–106.

Ezzamel, M., y Mar-Molinero, C. (1990). The distributional properties of financial ratios in UK manufacturing companies. *Journal of Business Finance & Accounting*, 17(1), 1-29.

Feranecová, A., y Krigovská, A. (2016). Measuring the performance of universities through cluster analysis and the use of financial ratio indexes. *Economics & Sociology*, 9(4), 259-271.

Ferrer-Rosell, B., y Coenders, G. (2018). Destinations and crisis. Profiling tourists’ budget share from 2006 to 2012. *Journal of Destination Marketing & Management*, 7, 26-35.

Foster, G. (1986). *Financial statement analysis*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

Frecka, T.J., y Hopwood, W.S. (1983). The effects of outliers on the cross-sectional distributional properties of financial ratios. *Accounting Review*, 58(1), 115-128.

Freeman, J., y Modarres, R. (2005). Efficiency of test for independence after Box–Cox transformation. *Journal of Multivariate Analysis*, 95(1), 107-118.

Gallizo, J.L. (2005). Avances en la investigación de ratios financieros. La dinámica de los ratio. *Revista de Contabilidad y Dirección*, 2, 21-146.

Lev, B. (1969). Industry averages as targets for financial ratios. *Journal of Accounting Research*, 7, 290-299.

Lev, B., y Sunder, S. (1979). Methological issues in the use of financial ratios. *Journal of Accounting and Economics*, 187-210.

Linares-Mustarós, S., Coenders, G., y Vives-Mestres, M. (2018). Financial performance and distress profiles. From classification according to financial ratios to compositional classification. *Advances in Accounting*, 40, 1-10.

Martikainen, T., Perttunen, J., Yli-Olli, P., y Gunasekaran, A. (1995). Financial ratio distribution irregularities: implications for ratio classification. *European Journal of Operational Research*, 80(1), 34-44.

Mcleay, S., & Omar, A. (2000). The sensitivity of prediction models to the non-normality of bounded and unbounded financial ratios. *The British Accounting Review*, 32(2), 213–230.

Ortells, R., Egozcue, J. J., Ortego, M. I., & Garola, A. (2016). Relationship between popularity of key words in the Google browser and the evolution of worldwide financial indices. In J. A. Martín-Fernández, & S. Thió-Henestrosa (Vol. Eds.), *Compositional data analysis. Springer proceedings in mathematics & statistics*. Vol. 187. *Compositional data analysis. Springer proceedings in mathematics statistics* (pp. 145–166). Cham, Ch: Springer.

Pawlowsky-Glahn, V., Egozcue, J.J., y Tolosana-Delgado, R. (2015). *Modeling and analysis of compositional data*. Chichester, UK: Wiley.

Santis, P., Albuquerque, A., y Lizarelli, F. (2016). Do sustainable companies have a better financial performance? A study on Brazilian public companies. *Journal of Cleaner Production*, 133, 735-745.

Serrano Cinca, C., Mar Molinero, C., y Gallizo Larraz, J.L. (2005). Country and size effects in financial ratios: A European perspective. *Global Finance Journal*, 16(1), 26-47.

Shah R.J., y Murtaza M.B. (2000). A Neural network based clustering procedure for bankruptcy prediction. *American Business Review*, 18, 80-86.

Sharma, S., Shebalkov, M., y Yukhanaev, A. (2016). Evaluating banks performance using key financial indicators–a quantitative modeling of Russian banks. *The Journal of Developing Areas*, 50(1), 425-453.

So, J.C. (1987). Some empirical evidence on the outliers and the non-normal distribution of financial ratios. *Journal of Business Finance & Accounting*, 14(4), 483-496.

Suarez, L. H. (2004). Las limitaciones del análisis financiero tradicional de la liquidez. *Equidad y Desarrollo*, 2, 99-106.

Sudarsanam, P.S., y Taffler, R.J. (1995). Financial ratio proportionality and inter-temporal stability: An empirical analysis. *Journal of banking & finance*, 19(1), 45-60.

Watson, C.J. (1990). Multivariate distributional properties, outliers, and transformation of financial ratios. *The Accounting Review*, 65(3), 682-695.

Whittington, G. (1980): Some basic properties of accounting ratios. *Journal of Business Finance and Accounting*, *7*(2), 219-223.

Yoshino, N., Taghizadeh-Hesary, F., Charoensivakorn, P., y Niraula, B. (2016). Small and medium-sized enterprise (SME) credit risk analysis using bank lending data: An analysis of Thai SMEs. *Journal of Comparative Asian Development*, 15(3), 383-406.

Van den Boogaart, K.G., y Tolosana-Delgado, R. (2013). *Analyzing compositional data with R*. Berlin: Springer.