

Una aproximación mediante lógica difusa al análisis de la competitividad empresarial¹

Fecha de recepción: 19-08-2014

Fecha de aceptación: 28-11-2014

Juan Gabriel Vanegas²

Juan Carlos Botero³

Jorge A. Restrepo⁴

RESUMEN

Los resultados del entorno empresarial son probabilísticos por naturaleza. Este trabajo explora los efectos de la volatilidad cambiaria en el desempeño competitivo, medido por el margen de contribución, de las pymes comercializadoras internacionales del sector textil-confecciones en Antioquia-Colombia. La aproximación empírica utiliza datos de 267 empresas, 51 de ellas exportadoras, para el periodo 1995-2013. Se presenta un sistema de inferencia difuso tipo Mamdani, que a partir de variables lingüísticas, permite definir un indicador global numérico para evaluar los efectos cambiarios. Los resultados muestran como el margen de contribución se ubica en un nivel lingüístico bajo para las empresas analizadas, sugiriendo como la volatilidad de la tasa de cambio ha restado competitividad a las pymes de este sector en el periodo de análisis. El valor agregado de la propuesta utilizada subyace en la aplicación de un sistema de lógica difusa para el análisis de la competitividad empresarial, en este caso de un sector, como una forma alternativa de medir el desempeño de una firma en el mercado externo.

Palabras clave: competitividad, margen de contribución, pymes, tipo de cambio, sistemas de lógica difusa.

¹ Este artículo es un producto derivado de la investigación titulada: “Métodos multicriterio aplicados a contextos empresariales: una selección de estudios de caso”, perteneciente a la línea de investigación en comercio exterior del Grupo Research and Enterprise Development (RED) de la Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas del Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria. El proyecto fue financiado con recursos del CODEI.

² Docente Ocasional Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas, Grupo RED, Tecnológico de Antioquia I.U., Medellín, Colombia. Correo electrónico: jg.tecnologico@gmail.com, jvanegas1@tdea.edu.co

³ Docente Interno Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad Ingeniería Industrial. Grupo GISAI, Medellín, Colombia. Correo electrónico: juan.botero@upb.edu.co

⁴ Docente-Investigador de Planta Tecnológico de Antioquia I.U. Líder Grupo RED, Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas. Medellín, Colombia. Correos electrónicos: jrestrepo@tdea.edu.co, jrtdea@gmail.com

ABSTRACT

The business environment results are probabilistic in nature. This paper explores the exchange rate volatility effects on competitive performance, measured as the contribution margin ratio, of export-oriented textile-clothing SMEs sector from Antioquia-Colombia. Our empirical analysis relies on data from 267 firms, 51 of which are exporting firms, over the 1995-2013 period. A Mamdani fuzzy inference system from linguistic variables is used in order to determine a global numerical index for evaluating exchange rate effects. The empirical analysis reveals that contribution margin ratio was classified in a lower level, which means that competitiveness of SMEs textile-clothing sector has been affected by exchange rate volatility in last twelve years. This study shows the use of fuzzy logic systems for analyzing firm competitiveness within a sector as an alternative way of measuring the firm performance in the international market.

Keywords: competitiveness, contribution margin ratio, SMEs, exchange rate, fuzzy logic inference systems.

Introducción

El análisis del margen de contribución brinda elementos importantes en la toma de decisiones empresariales al mostrar cómo se verá afectada la utilidad, y por tanto la rentabilidad de una empresa o sector, ante cambios en ingresos operacionales y costos. En el plano macroeconómico la pérdida de competitividad implica un encarecimiento relativo de los bienes y servicios de origen, lo que dificulta su ingreso en el mercado exterior, en tanto que en el plano microeconómico se traduce en una reducción del margen de ganancia de las empresas, lo cual repercute en menos producción e inversiones, y alienta la importación sustitutiva de bienes y servicios locales (América Economía, 2011).

Este trabajo realiza un análisis para las empresas de un sector específico, recurriendo a una aproximación alternativa por medio de la lógica difusa, en aras de aportar más elementos de juicio a la explicación de la incidencia que tiene la volatilidad del tipo de cambio real en el margen de contribución de las pymes comercializadoras internacionales del sector textil-confecciones de Antioquia en el periodo 1995-2013. Para ello, se retoman algunos elementos del trabajo de Restrepo y Vanegas (2010) en la definición del problema y se propone un sistema de inferencia difuso tipo Mamdani para abordar dicho análisis.

La evaluación se aplica a las pymes comercializadoras internacionales (CI), porque son empresas cuyos ingresos se derivan de la exportación de sus productos, y por tanto los movimientos cambiarios inciden en su desempeño competitivo. Se dispone de datos para 267 empresas que reportaron información financiera a la Superintendencia de Sociedades entre 1995 y 2013, donde 51 de éstas son CI, lo cual facilita la construcción de indicadores anuales para todo el grupo de CI como un conjunto. Los datos son deflactados usando el índice de precios al consumidor (IPC) y el índice de precios al productor (IPP) para tener un conjunto homogéneo de información en términos reales (pesos de 2005). Esta información se procesa en el software Matlab para modelar un sistema de inferencia difuso tipo Mamdani.

Este artículo está estructurado en cinco partes incluida esta introducción. La segunda parte muestra una breve revisión de los fundamentos de la lógica difusa y sus aplicaciones en problemas similares, así como, se esboza un breve planteamiento de la competitividad empresarial. La tercera parte presenta las cifras agregadas del sector. En cuarto lugar se presenta la formulación de un sistema de inferencia difuso, y como quinto punto, son abordados los resultados empíricos de la modelación y algunas conclusiones.

Fundamentos teóricos y revisión de la literatura

Lógica difusa

El tratamiento empírico bajo sistemas de lógica difusa enfatiza en que el modelo como tal no es difuso, sino que lo son las variables como forma de representar la información a modelar, como una forma complementaria a la lógica clásica que pretende calificar información imprecisa, es decir con cierto grado de vaguedad (Zadeh, 1965; 2008). En el entorno empresarial existe un amplio conocimiento disonante con la realidad, lo que genera un conocimiento impreciso, vago, confuso, inexacto, incierto, o probabilístico por naturaleza. Así, uno de los principales inconvenientes que surge como resultado de la escasa capacidad de expresión de la lógica clásica bipolar es la clasificación de pertenencia a determinadas categorías de análisis.

Para ejemplificar lo anterior, supongamos que tenemos un grupo de empresas a las cuales se les desea clasificar por sus ingresos en millones de pesos, catalogándolas como de ingresos altos o bajos. La lógica clásica soluciona la tarea definiendo un umbral de pertenencia, asignando un valor que determina que ingresos iguales o superiores se consideran altos. Si tal umbral es \$1.000 millones de pesos, todos los elementos del grupo con ingresos iguales o superiores a este valor serán altos, en caso contrario serán bajos. Según esta secuencia analítica, una firma con ventas de \$999 millones, será tratada igual que otra que reporte información financiera de \$500 millones, en cuyo caso ambas adquieren el calificativo de ingresos bajos. No obstante, si tenemos un método que permita ordenar los ingresos con una dinámica que suavice las transiciones, podríamos reproducir la realidad financiera con mayor fidelidad.

Son varias las definiciones asociadas a los estudios o modelos de pensamiento difuso o lógica difusa a través del tiempo, más aún cuando su aplicabilidad y enfoque fundamenta su significado. Este tipo de análisis es una forma alternativa de abordar la toma de decisiones mediante formulaciones matemáticas, basada en patrones de comportamientos similares al pensamiento de los humanos, permitiendo valores intermedios entre los extremos totalmente verdadero y totalmente falso que la lógica clásica excluye (Buckley y Eslam, 2002; Medina y Paniagua, 2007). Además, la lógica difusa se ha implementado en disciplinas como: la economía, las finanzas, la psicología, la física, entre otras; sistemas en los que se encuentra vaguedad e imprecisión y no necesariamente se dispone de información cuantitativa, lo que permite tratar de una forma útil con la incertidumbre (Guiffrida y Nagi, 1998; Medina y Paniagua, 2007).

De esta manera, se constituye en una de las disciplinas matemáticas que cuenta con un gran potencial de aplicaciones en el contexto corporativo, dado que en este contexto se maneja un conocimiento lingüístico que es susceptible de ser modelado usando sistemas difusos. Su uso como aplicación moldea las diferentes dinámicas y estructuras condicionadas por el mercado, constituyéndose como una herramienta de gran potencial para el desarrollo de nuevos métodos o técnicas que

soporten la toma de decisiones con miras en la maximización del valor de los que participan en una compañía.

La lógica difusa se funda en el concepto de grados de pertenencia, lo cual permite manejar información de difícil especificación, importante para la resolución de un problema, por medio de una serie de reglas con sistemas adaptables que se nutren de la observación o formulación. El aspecto central de las técnicas de lógica difusa es la capacidad de reproducir de manera aceptable y eficiente los modos usuales del razonamiento, al considerar que la certeza de una proposición es una cuestión de grado, por esta razón parte de la base del razonamiento aproximado y no del razonamiento preciso, asumiendo características que fundamentan su aplicación a partir de la flexibilidad, la tolerancia con la imprecisión, la capacidad para moldear problemas no-lineales y su fundamento en el lenguaje de sentido común (Zadeh, 1965).

Como ejemplos concretos de aplicaciones en contextos empresariales se pueden señalar varios casos que muestran como el uso de la matemática difusa en la explicación o determinación de factores que afectan el desempeño de una compañía. En este orden de ideas, Medina (2006) presenta aquellos trabajos que se han enfocado en la solución de problemas financieros, particularmente en el campo de la teoría de portafolios, la evaluación de proyectos, el análisis de crédito, el análisis técnico y el análisis financiero. Otro de los temas que ha sido abordado es la gestión de flujos de efectivo como uno de los aspectos más importantes en el mundo de los negocios (Chiu y Park, 1994; Kuchta, 2000; Kahraman *et al.*, 2002; Appadoo, 2014). Otras aplicaciones financieras dan cuenta de problemas de inversión incorporando incertidumbre (Gil Aluja, 2002), la definición de políticas de créditos en las entidades financieras (Medina, 2003), proceso de adquisición de activos de una empresa (McIvor *et al.*, 2004), determinación de los márgenes mínimos para la adjudicación de proyectos en el sector construcción (Chao, 2007; Laryea y Hughes, 2010), evaluación del desempeño financiero en empresas (Ertuğrul y Karakaşoğlu, 2009), comparación del rendimiento de los procesos de la cadena de abastecimiento con la estrategia financiera de la empresa (Elgazzar, 2012), o con los objetivos competitivos y el rendimiento empresarial (Yusuf *et al.*, 2014).

En síntesis, se puede evidenciar como los sistemas difusos tienen amplia aplicación en el diseño de modelos para la toma de decisiones financieras y pueden ser aplicados a una variedad de problemas, particularmente aplican en la solución de procesos muy complejos, es decir, cuando se carece de un modelo matemático simple o para procesos no lineales; incluso cuando el conocimiento experto se puede procesar e interpretar al interior de la organización propendiendo por la asertividad en las decisiones con alto enfoque estratégico y consecuente al direccionamiento corporativo. Este breve resumen pone de relieve la importancia de complementar los enfoques probabilísticos con enfoques sustentados en la teoría de la posibilidad para alcanzar una mayor confiabilidad que brinde elementos más acertados que apoyen la toma de decisiones financieras.

Competitividad empresarial

En el entorno empresarial el significado de competitividad no presenta confusión, una vez que existe consenso en que las fuentes de ventaja competitiva de una empresa fluyen a través de la afinación de los factores internos de éxito: producción, comercialización, logística y operaciones, innovación y desarrollo, entre otros y traducidos vía precio, calidad y servicio que cumplen las expectativas de sus clientes en una mayor proporción en relación a los de sus rivales en un mercado específico (Abdel Musik y Romo Murillo, 2005).

Así, la pérdida de competitividad se traduciría en los indicadores financieros como producto de la disminución del nivel de ventas y su consecuente pérdida de participación de mercado y, finalmente, el liderazgo y con él la ventaja competitiva. La capacidad para competir se basa en una combinación de los factores claves de éxito que redundan en un menor precio, una calidad y servicio de categoría mundial, de manera que en mercados con comportamientos oligopólicos con una cantidad importante de productores en los que no se tiene el poder de fijar precios, las empresas serán competitivas si sus precios son tan o más bajos que los precios de sus rivales.

Frente a la industria textil-confecciones, podemos inferir de las conclusiones del trabajo de Abdel Musik y Romo Murillo (2005), que como no todas las industrias son iguales, existen por tanto factores divergentes que explican su competitividad; entre los que podemos citar: la concentración del mercado, las barreras de entrada, la intensidad de capital y complejidad técnica, y sobre todo el potencial de exportación, que es el objeto de análisis en el caso de las firmas comercializadoras internacionales. Este último elemento actúa como un incentivo negativo para mejorar la competitividad de la industria. En este orden de ideas la industria bajo análisis en nuestro medio presenta más debilidades que fortalezas e igualmente más amenazas que oportunidades.

Un hecho recurrente en los análisis de competitividad es presentar las variaciones en el nivel de precios como un asunto que provee ganancias coyunturales, es decir, es solo plausible en el corto plazo, por lo que se considera un factor espurio y no genera efectos positivos en el largo plazo. De acuerdo a la revisión de literatura en el tema realizada por Auboin y Ruta (2013), la relación entre las fluctuaciones cambiarias y el desempeño exportador ha adoptado dos direcciones: i) el impacto sobre comercio internacional y ii) los desajustes cambiarios. En el primer enfoque los resultados muestran impactos negativos, aunque no muy altos, en tanto que en el segundo enfoque muestran que los efectos desaparecen en el largo plazo.

Ahora bien, si bien para el caso colombiano a nivel general no se encuentra un impacto negativo de la volatilidad del tipo de cambio real en el desempeño de las firmas, a excepción de un efecto moderado en las ganancias (Iregui et al., 2013), no obstante, a nivel micro y sectorial, considerando el tipo de empresas analizadas, Restrepo y Vanegas (2010) muestran que el comportamiento del tipo de cambio

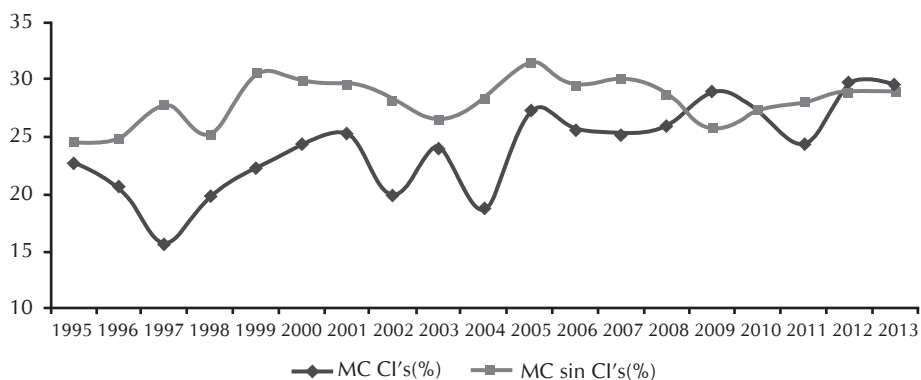
les ha restado competitividad, y como se verá en la siguiente sección, en términos reales la brecha de rentabilidad comparada con el sector en su conjunto se ha profundizado en la última década.

Análisis empírico de la competitividad empresarial vía margen de contribución

La regularidad empírica que el margen de contribución ha mostrado en las empresas del sector textil-confecciones evidencia la evolución del nivel de ingresos de las compañías. El comportamiento del tipo de cambio incide en la competitividad de las pymes de este sector en Antioquia, así lo han manifestado algunos empresarios: “las empresas de confecciones perdieron competitividad y clientes con la revaluación” (Dinero, 2005, junio). Empíricamente, en términos nominales, Restrepo y Vanegas (2010) encontraron que la volatilidad de la divisa afecta negativamente a las comercializadoras internacionales de tamaño pequeño y mediano del sector en cuestión, una vez que éste tipo de empresas tienen anclados sus ingresos completamente a los movimientos del tipo de cambio. En dicho análisis el margen de contribución nominal promedio en casi todos los años analizados fue inferior para las comercializadoras internacionales comparadas con el sector en su conjunto, brecha que se explica por las fluctuaciones cambiarias; aunque es de resaltar que en los últimos años la diferencia se ha acortado (Figura 1).

15

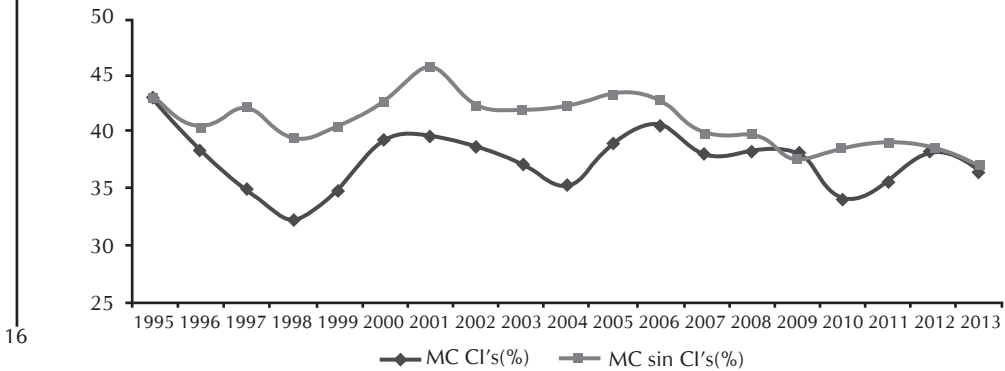
Figura 1
Margen de contribución nominal del sector (1995-2013)



Fuente: Elaboración propia con base en Restrepo y Vanegas (2010) y Supersociedades (2014).

En términos reales (en pesos de 2005), los efectos son aún más dramáticos, en términos de caídas más pronunciadas y dejan ver una brecha temporal más amplia y una pérdida de competitividad, vía margen de contribución, aún mayor para este sector hasta el año 2007, momento a partir del cual la brecha se ha cerrado, lo cual coincide con menores fluctuaciones de la moneda (Figura 2).

Figura 2
Margen de contribución real del sector (1995-2013)



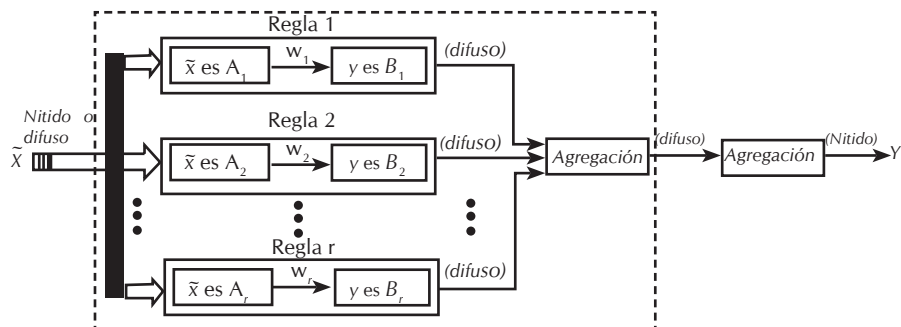
Fuente: Elaboración propia con datos de Supersociedades (2014).

Metodología, supuestos y planteamiento

Sistema de inferencia difuso

De acuerdo con los planteamientos de Jang *et al.* (1997, p.74), un sistema de inferencia difuso (SID) se compone fundamentalmente de tres elementos: una base de conocimiento la cual contiene una selección de reglas difusas; una base de datos que define las funciones de membresía en esas reglas; y un mecanismo de razonamiento que realiza el procedimiento de inferencia. Esquemáticamente este procesamiento va desde un conjunto X (nítido o difuso), atraviesa los tres pasos anteriores (reglas, agregadores y método de parametrización) para obtener un resultado Y (Figura 3). De esta manera, este tipo de sistemas convierte variables de entrada que pueden ser cuantitativas o cualitativas en variables lingüísticas mediante conjuntos difusos (*fuzzy sets*) o funciones de pertenencia que son evaluados a través de reglas difusas del tipo *SI – ENTONCES* (Zimmermann, 1997). Una vez obtenidas las salidas del sistema, estas se convierten en valores nítidos (*crisp*), mediante un proceso de concreción (*defuzzyfication*) brindando así información para la toma de decisiones (Medina, 2006).

Figura 3
Diagrama de bloque para un SID



Fuente: Jang et al (1997).

17

En el proceso de establecer un sistema de inferencia difuso es necesario definir los conjuntos difusos de entrada y de salida, así como las funciones de pertenencia. La definición de tales conjuntos se basa en la opinión de expertos cuando se dispone de variables de corte cualitativo o en la identificación de regularidades empíricas en datos cuantitativos, lo cual permite obtener los posibles rangos de valores que la variable pueda tomar. Tras esto se emplean funciones de membresía de tipo triangular, trapezoidal, gaussiana, sigmoidea o generalizada de Bell para estos conjuntos con el fin de representar la asignación correcta entre las entradas y salidas (Jang et al., 1997).

Elementos que componen un sistema de inferencia difuso

De acuerdo con Buckley y Eslam (2002), los sistemas difusos tienen como finalidad inferir una conclusión mediante la composición de reglas difusas a partir de premisas conocidas. Las proposiciones difusas incluyen predicados que generalmente se pueden escribir como “ x es A ” donde “ A ” es un predicado difuso y “ x ” es la variable difusa (también conocida como variable lingüística) y son expresados en términos de conjuntos difusos. Para el contexto analizado se puede ejemplificar como: “probablemente la tasa de cambio subirá mañana”.

Las relaciones difusas se pueden considerar como una generalización de las relaciones ordinarias, relaciones como “ x y z son casi iguales”, y son frecuentes de encontrar en la cotidianidad. Además, son difíciles de representar usando lógica difusa para una solución natural a su representación. Una relación difusa R del conjunto X al conjunto Y es un conjunto difuso en el producto del conjunto $X \times Y = \{(x, y) / x \in X, y \in Y\}$ y es caracterizada por una función de pertenencia.

Las reglas de implicación son utilizadas en el razonamiento difuso como un método que permite la cuantificación de un tipo particular de relaciones difusas, sirve para trasladar la condición difusa $A \rightarrow B$ a una relación difusa. Las más utili-

zadas son la propuesta por Zadeh y la propuesta por Mamdani, siendo esta última el corazón de muchos de los sistemas de inferencia difuso utilizado para contrastar hipótesis (Tabla 1) (Buckley y Eslam, 2002).

Tabla 1
Tipos de implicación

Regla de Zadeh (Ra)	$a \rightarrow b = 1 \wedge (1 - a + b)$
Regla Mamdani (Rc)	$a \rightarrow b = a \wedge b$

La composición de relaciones difusas permite la inferencia de un consecuente a partir de un conjunto de antecedente dado; se utilizan operaciones de máximos y mínimos por lo que se conoce como reglas de composición del tipo: MAX-MIN, MIN-MAX o MAX-PRODUCTO (Buckley y Eslam, 2002).

SID aplicado al análisis de la competitividad empresarial

Con base en el esquema presentado en la Figura 3 y teniendo presente los elementos señalados en el análisis empírico anterior, se procede a formular los conjuntos difusos en un SID tipo Mamdani (Mamdani, 1977). Posteriormente se construyen las reglas de decisión, tomando como fuente información histórica del sector para el periodo 1995-2013. Luego se elabora el algoritmo y se utiliza el software Matlab versión 2009a para generar las superficies difusas y obtener la incidencia del tipo de cambio en el margen de contribución de las pymes en estudio⁵.

Variables

Las variables utilizadas para la modelación de la competitividad fueron: margen de contribución (MC), ingresos operacionales (IO), costos totales (CT) y volatilidad del tipo de cambio (TC). Todas las variables fueron deflactadas según corresponda utilizando el Índice de Precios al Consumidor (IPC) o el Índice de Precios al Productor (IPP), estas últimas se expresan valores de 2005.

Funciones de Composición

La función usada en este trabajo, de tipo T (triangular), puede definirse en la siguiente ecuación:

⁵ En el Anexo al final de este documento para tener un punto de comparación se encuentra el análisis difuso para el resto de pymes excluyendo las CI.

$$T(u; a, b, c) = \left. \begin{array}{l} 0 \rightarrow u < a \\ \frac{u - a}{b - a} \rightarrow a \leq u \leq b \\ \frac{c - a}{c - b} \rightarrow b \leq u \leq c \\ 0 \rightarrow u > c \end{array} \right\}$$

Mediante esta función es posible modelar propiedades con un valor de inclusión diferente de cero para un rango de valores ceñido en torno a un punto b.

19

Reglas

Siguiendo la metodología de extracción de reglas planteada en Zimmermann (1997), se define la forma de reglas *SI - ENTONCES* para determinar la relación entre las variables de entrada y salida que componen el SID. De esta forma, un SID tipo Mamdani de la forma *SI - ENTONCES* sigue la siguiente estructura:

$$SI X_1 \text{ es } A_1 \text{ y } X_2 \text{ es } A_2 \text{ y... } X_k \text{ es } A_k \text{ ENTONCES } Y \text{ es } B$$

En este sentido, al disponer de datos históricos⁶, las relaciones empíricas se establecen mediante comparaciones pareadas para los niveles de las variables *IO* y *CT*; y *MC* se calcula como la relación $(IT-CT)/CT$. Con base en el análisis estadístico de las series de tiempo los valores establecidos como mínimo, promedio y máximo fueron los siguientes:

Tabla 2
Conjunto de valores para las series *IO* y *CT* (valores en millones de pesos)

Variable	Bajo (B)	Medio (M)	Alto (A)
Ingresos (IO)	12.327.440	61.144.748	210.235.578
Costos (CT)	10.493.068	46.709.730	156.957.011

Fuente: elaboración propia.

⁶ Esta información se utiliza para establecer la base de conocimiento, por tanto no se requiere del juicio de expertos para determinar las regulaciones empíricas.

Con esta información se calcula el margen de contribución (MC) para cada conjunto de datos y luego se comparan en el tiempo los resultados mediante el coeficiente de correlación para establecer la forma como se relacionan (Tabla 3).

Tabla 3
Relaciones ingreso-costo y margen de contribución para CI

Ingresos (IO)	Costos (CT)	MC
B	B	0,15
B	M	-2,79
B	A	-11,73
M	B	0,83
M	M	0,24
M	A	-1,57
A	B	0,95
A	M	0,78
A	A	0,25

Fuente: elaboración propia.

Ahora, con el objeto de operacionalizar el modelo y su posterior validación empírica, se utilizan conjuntos difusos triangulares para representar cada variable, los cuales se categorizan en bajo (B), medio (M) y alto (A). Así, al tener tres conjuntos difusos de entrada: ingresos (IO), costos (CT), volatilidad de la tasa cambio (TC), y un conjunto difuso de salida: margen de contribución (MC), existen 27 (3^3) diferentes combinaciones a representar (Tabla 4). Las combinaciones permiten definir el intervalo donde se ubica el MC, como resultado de la interacción de las tres variables –IO, CT y TC–; los cuales se definieron de forma empírica utilizando primero los datos de ingresos y costos (Tabla 3). Posteriormente, con el valor observado y ubicado en los límites definidos en el conjunto triangular difuso para MC (valores máximos y mínimos), se contrasta con la volatilidad del TC para determinar la combinación final del SID. La Tabla 4 muestra la base de conocimiento para capturar la incidencia de las fluctuaciones cambiarias en la competitividad de las pymes comercializadoras:

Tabla 4
Relaciones tipo Mamdani para el análisis difuso de la competitividad en Pymes

Ingresos	Costos	TC (volatilidad)		
		B	M	A
B	B	M	B	B
B	M	B	B	B
B	A	B	B	B
M	B	A	A	M
M	M	M	B	B
M	A	B	B	B
A	B	A	A	M
A	M	A	A	M
A	A	M	M	B

21

Fuente: elaboración propia.

Con base en lo anterior, se pueden intuir los valores lingüísticos basados en los comportamientos de estas variables, así:

Relación 1. R1: MC a TC: relación negativa. Si TC es muy volátil entonces MC es bajo

Relación 2. R2: TC a IO: relación negativa. Si TC es muy volátil entonces IO disminuye

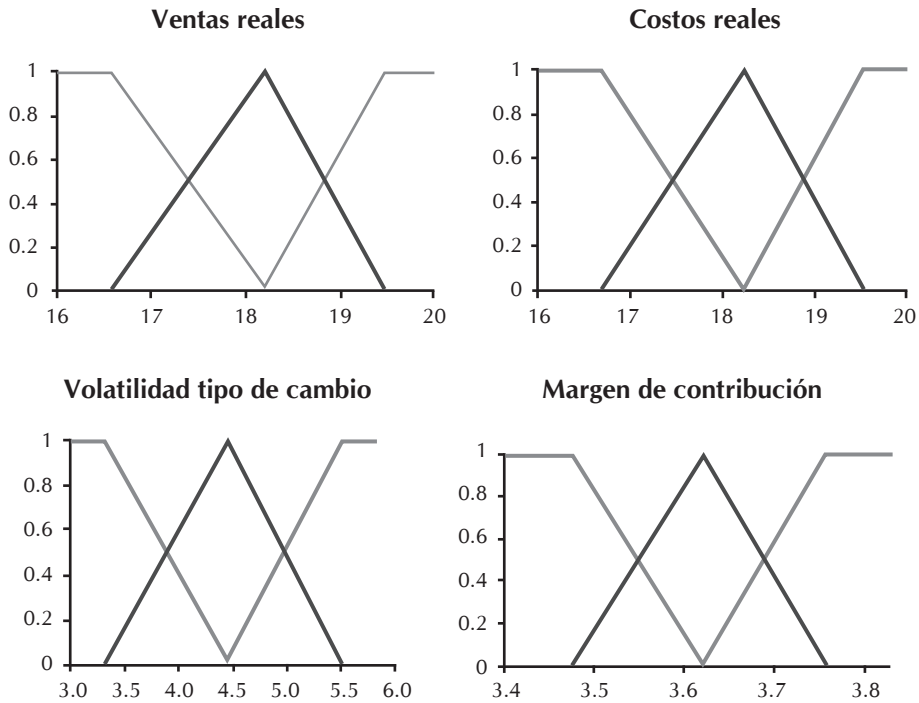
Relación 3. R3: CT a MC: relación negativa. Si CT es muy bajo entonces MC aumenta

Relación 4. R4: IO a MC: relación positiva. Si IO aumenta entonces MC aumenta.

Validación del modelo y resultados

Los conjuntos difusos asociados a cada una de las variables de los antecedentes y la variable resultante se muestran en la Figura 4 (todas las variables se expresan en logaritmos naturales para reducir la escala y variabilidad de los datos). Cada variable expresa tres diferentes niveles: bajo, medio y alto.

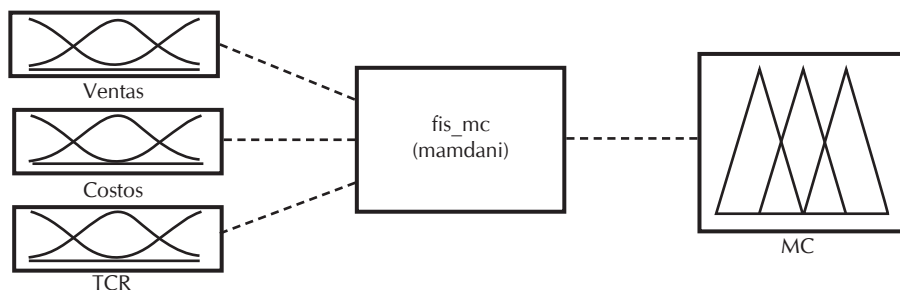
Figura 4
Conjuntos difusos para el análisis de la competitividad en Pymes



Fuente: elaboración propia con datos de Supersociedades (2014).

Una vez definidos estos conjuntos, el software Matlab es usado para obtener las relaciones resultantes. En la Figura 5, puede observarse el planteamiento del sistema de inferencia difuso. El método de concreción para este ejercicio fue el método del centroide y para la agregación en la cual se combinan los resultados obtenidos de cada una de las reglas para llegar a un único conjunto difuso se utilizó el método MAX-MIN, es decir cada regla es evaluada con el operador MIN y después las salidas de cada regla son combinadas para obtener un único conjunto difuso a través del operador MAX (Medina *et al.*, 2010).

Figura 5
Planteamientos del SID para determinar MC en Pymes



Fuente: elaboración propia usando el software Matlab.

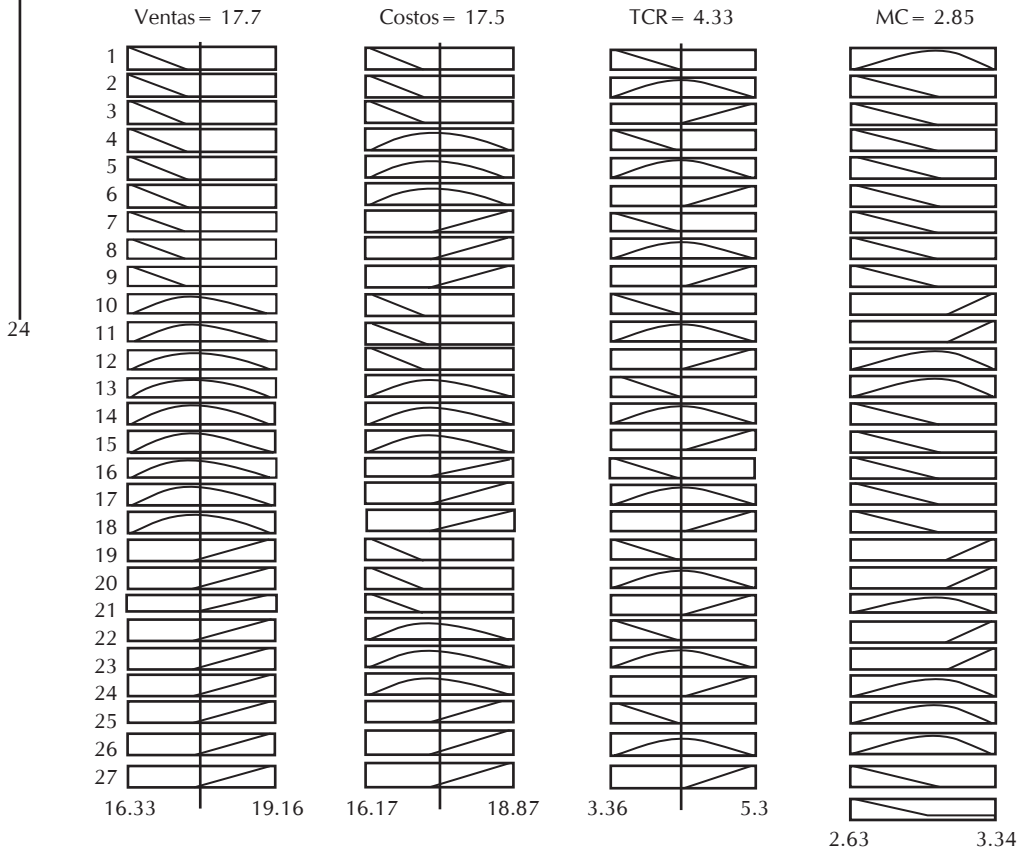
23

En la Figura 6, se muestra la forma como el software Matlab presenta los resultados del SID tipo Mamdani, donde cada renglón representa cada una de las 27 posibles combinaciones enunciadas en la Tabla 4. Las salidas se producen de la definición de los conjuntos difusos usados y del método de concreción aplicado. Así, se ilustra con un caso específico de reglas que se activan para los valores particulares de las entradas para las variables ventas (17,7), costos (17,5) y TCR (4,33), y como salida el método de concreción para el MC presenta un número nítido de 2,85, valor que al retornarlo a la escala original del MC representa un valor de 17,3%⁷. El valor anterior cae en el rango del indicador de competitividad empresarial bajo-medio definido en Restrepo y Vanegas (2010), permitiendo inferir como la volatilidad de la divisa en términos reales afectó ostensiblemente el MC de las pymes comercializadoras internacionales en las últimas dos décadas. Cuando el modelo se corre para el grupo de empresas del sector textil, excluyendo las CI, se genera un valor nítido para el MC de 3,31; el cual representa en la escala original un valor porcentual de 27,4%, valor superior en cerca de 10 puntos porcentuales al generado para las empresas exportadoras, corroborando la incidencia negativa del TC sobre el MC de este tipo de empresas,⁸ y por tanto sobre la competitividad.

⁷ Como los datos están expresados en logaritmo natural, se toma el valor exponencial para retornar dicho valor a la escala de los números naturales.

⁸ En el Anexo se presenta la información para el sector sin incluir las CI.

Figura 6
SID Mandani usando el método MAX-MIN en pymes CP⁹.



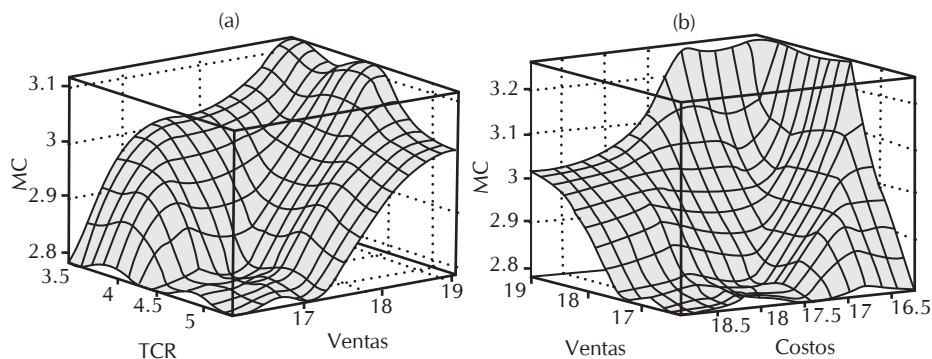
Fuente: elaboración propia usando el software Matlab.

En la Figura 7 puede observarse las gráficas de superficies difusas que muestran la relación de las variables determinantes del margen de contribución. En la parte (a) se aprecia como para valores entre 16,0 a 18,0 para las ventas y 3,5 a 4,0 para la volatilidad del tipo de cambio, la incidencia sobre el MC es cercana a 3,0; cifra similar que se observa en la Figura 7 (b) cuando las ventas se encuentran entre 17,0 a 19,0 y los costos entre 18,0 y 19,0. También se puede apreciar que con costos entre 16,5 y 17,5 y ventas entre 16,0 y 17,0 se obtienen resultados para MC mayores a 3,0; situación similar que se observa con ventas mayores a 17,0 y una volatilidad de la TC entre 3,5 y 4,5. En resumen, los resultados anteriores corroboran una relación negativa de las

⁹ Las filas del sistema representan las 27 (3³) combinaciones de la base de conocimiento referida en la Tabla 3.

fluctuaciones de la tasa representativa del mercado en la competitividad de las pequeñas y medianas empresas comercializadoras internacionales.

Figura 7
Superficies difusas en CI: (a) volatilidad TC vs. ventas y (b) ventas vs. costos



Fuente: elaboración propia usando el software Matlab.

Conclusiones

El modelo de lógica difusa aplicado permite validar como la volatilidad cambiaria afecta negativamente el desempeño empresarial del conjunto de firmas analizado. Los resultados obtenidos a través de variables lingüísticas analizan con mayor profundidad los presentados en Restrepo y Vanegas (2010), donde por medio de un análisis estadístico descriptivo, exploran las regularidades empíricas de los datos. En este sentido, se trasciende desde un análisis exploratorio hacia uno de corte explicativo, donde es posible no solo determinar la relación inversa de la volatilidad de la tasa de cambio en el margen de contribución de las pymes comercializadoras en Antioquia-Colombia, sino también cuantificar el impacto de ésta. Empíricamente se encontró un MC de 17,3%, que traduce como por cada 100 pesos vendidos, 82,7 pesos constituyen los costos variables y 17,3 pesos son destinados para cubrir los costos fijos, las cargas financieras y generar utilidad; resultado muy modesto para generar valor en el tiempo en el sector analizado.

En términos reales los resultados obtenidos expresan como el margen de contribución real, para el sector en su conjunto, presenta tendencias decrecientes muy pronunciadas en los periodos de mayor volatilidad de la moneda; lo que aporta información para el diseño de políticas y estrategias que coadyuven para tornar el sector más competitivo. Ahora bien, son diversos los factores que determinan el desempeño competitivo de una firma en el mercado; en este caso, al encontrar un vínculo con las fluctuaciones de los precios, se genera un alto riesgo de mercado de las empre-

sas de este sector. Además, los recursos generados en la actividad comercial con un margen de contribución tan bajo, podrían ser insuficientes para cubrir los costos fijos y generar utilidades, exponiendo a la empresa a un alto riesgo operativo que podría desencadenar en una crisis de insolvencia técnica; y por tanto, con un impacto fuerte en la permanencia en el corto plazo, reduciendo su competitividad y sostenibilidad.

Bibliografía

- Abdel Musik, G. y Romo Murillo (2004), Sobre el concepto de competitividad, *Comercio Exterior*, 55(3), pp. 200-214.
- América Economía (2011), Uruguay perderá competitividad con seis de sus ocho socios comerciales, *América Economía, Economía y Negocios*, Mayo 5 (En línea).
- Appadoo, S. (2014), Possibilistic Fuzzy Net Present Value Model and Application, *Mathematical Problems in Engineering*, 2014.
- Auboin, M. y Ruta, M. (2013), The relationship between exchange rates and international trade: a literature review, *World Trade Review*, 12(03), 577-605.
- Buckley, J. y Eslami, E. (2002), *An introduction to fuzzy logic and fuzzy sets* (Vol. 13). New York: Springer Verlag.
- Chao, L. (2007), Fuzzy logic model for determining minimum bid markup, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 22(6), 449-460.
- Chiu, C. y Park, C. (1994), Fuzzy cash flow analysis using present worth criterion, *The Engineering Economist*, 39(2), 113-138.
- Dinero (2005), Textiles y confecciones, *Revista Dinero*, Junio 10. Bogotá.
- Elgazzar, S., Tipi, N., Hubbard, N. y Leach, D. (2012), Linking supply chain processes' performance to a company's financial strategic objectives, *European Journal of Operational Research*, 223(1), 276-289.
- Ertuğrul, İ. y Karakaşoğlu, N. (2009), Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods, *Expert Systems with Applications*, 36(1), 702-715.
- Gil Aluja, J. (2002), *Invertir en la incertidumbre*. Madrid: Pirámide.
- Guiffrida, A. y Nagi, R. (1998), Fuzzy set theory applications in production management research: a literature survey, *Journal of intelligent manufacturing*, 9(1), 39-56.
- Iregui, A., Melo, L., Ramírez, M. y Delgado, R. (2013), El efecto de la volatilidad y del desalineamiento de la tasa de cambio real sobre la actividad de las empresas en Colombia, *Borradores de Economía*, 801, Banco de la República.

- Jang, J., Mizutani, E. y Sun, C. (1997), *Neuro-fuzzy and soft computing: A computational approach to learning and machine intelligence*, New York: Prentice Hall.
- Kahraman, C., Ruan, D., & Tolga, E. (2002), Capital budgeting techniques using discounted fuzzy versus probabilistic cash flows, *Information Sciences*, 142(1), 57-76.
- Kuchta, D. (2000), Fuzzy capital budgeting. *Fuzzy Set and Systems*, 111, 367-385.
- Laryea, S. y Hughes, W. (2010), Risk and price in the bidding process of contractors. *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(4), 248-258.
- Mamdani, E. (1977), Application on Fuzzy Logic to approximate reasoning using linguistic synthesis, *IEEE Transactions on computers*, C26, 1182-1191.
- McIvor, R., McCloskey, A., Humphreys, P., y Maguire, L. (2004), Using a fuzzy approach to support financial analysis in the corporate acquisition process, *Expert Systems with Applications*, 27, 533-547.
- Medina, S. (2003), Uso de la programación lineal estocástica difusa en la definición de la política de créditos, *EITI*, 7-12.
- Medina, S. (2006), Estado de la cuestión acerca del uso de la lógica difusa en problemas financieros, *Cuadernillos de Administración*, 19(32), 195-223.
- Medina, S. y Paniagua, G. (2007), Modelo de inferencia difuso para estudio de crédito, *Dyna*, Año 75, Nro. 154, 215-229.
- Medina, S., Zuluaga, E., López, D., y Granda, F. (2010), Aproximación a la medición de capital intelectual organizacional aplicando sistemas de lógica difusa, *Cuadernos Administración*, 23(40), 35-48.
- Restrepo, J. y Vanegas, J. (2010), Competitividad y comercio exterior de las Pymes del sector textil-confecciones del Valle de Aburrá: incidencia del tipo de cambio, *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 30, 185-204.
- Supersociedades: Superintendencia de Sociedades (2014), Estados financieros años 1995-2013, Sistema de Información y Riesgo Empresarial - SIREM. Asuntos Económicos y contables, Supersociedades, Bogotá. (En línea)

Yusuf, Y., Gunasekaran, A., Musa, A., Dauda, M., El-Berishy, N. y Cang, S. (2014), A relational study of supply chain agility, competitiveness and business performance in the oil and gas industry, *International Journal of Production Economics*, 147, 531-543.

Zadeh, L. (1965), Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8, 338-353.

Zadeh, L. (2008), Is there a need for fuzzy logic? *Information Sciences*, 178 (13), 2751-2779.

Zimmermann, H. (1997), Operators in models of decision making. *Fuzzy Information Engineering*, 471–496.

Anexo

A continuación se presenta el análisis difuso para las pymes del sector textil-confecciones excluyendo las CI. La interpretación y los datos son similares a las secciones 5 y 6, la única diferencia es que se tomaron el resto de pymes de estos sectores excluyendo las CI. En este caso no tenemos la certeza de la incidencia directa del tipo de cambio, ya que los ingresos no necesariamente dependen de las fluctuaciones de la divisa como en el caso de las CI.

SID para pymes del sector textil-confecciones excluyendo las CI

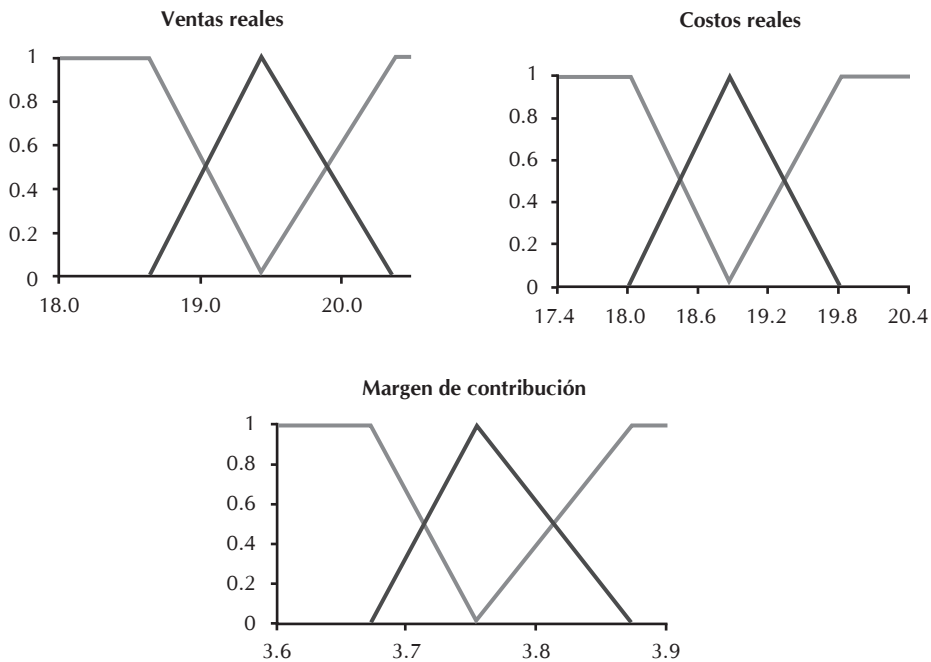
Tabla 4

Relaciones tipo Mamdani para el análisis difuso de la competitividad sin incluir Pymes CI

Ingresos	Costos	MC
B	B	B
B	M	B
B	A	B
M	B	A
M	M	M
M	A	B
A	B	A
A	M	A
A	A	M

Fuente: elaboración propia.

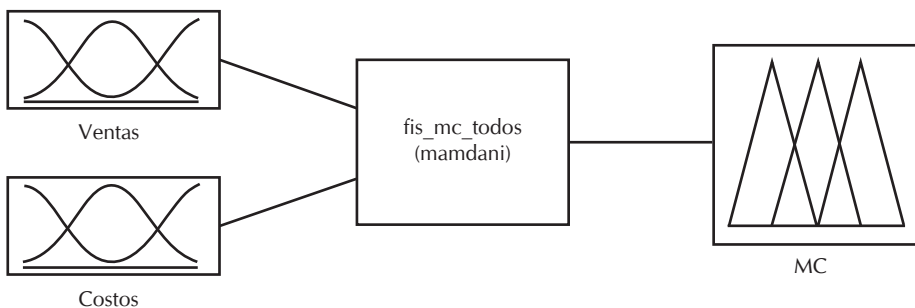
Figura 8
Conjunto difusos para el análisis de la competitividad sin incluir Pymes CI



31

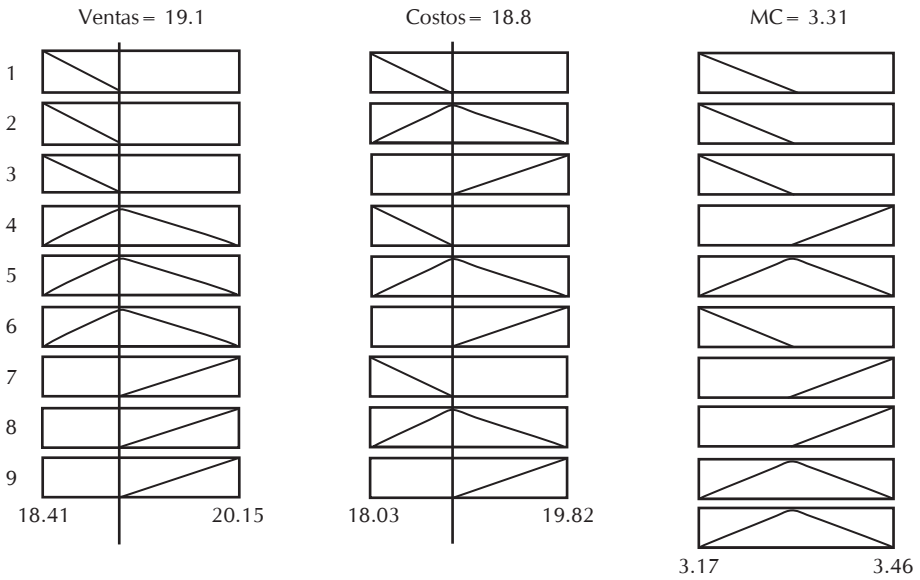
Fuente: elaboración propia con datos de Supersociedades (2014).

Figura 9
Planteamiento del SID sin incluir Pymes CI



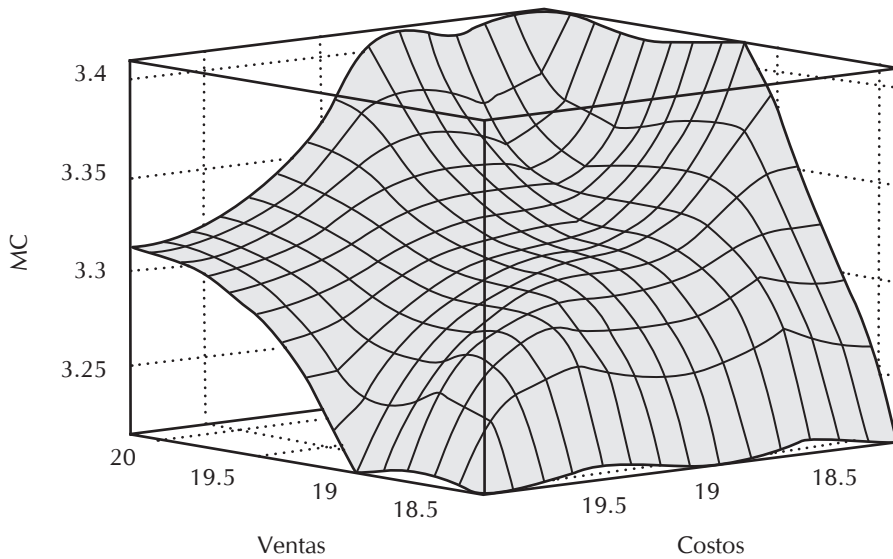
Fuente: elaboración propia usando el software Matlab.

Figura 10
SID Mamdani usando el método MAX-MIN sin incluir Pymes CI



Fuente: elaboración propia usando el software Matlab.

Figura 11
Superficies difusas sin incluir Pymes CI



Fuente: elaboración propia usando el software Matlab.