UNIVERSIDAD DE OCCIDENTE

UNIDAD CULIACÁN

DEPARTAMENTO DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

DOCTORADO EN CIENCIAS ADMINISTRATIVAS

TESIS

«La detección de los efectos olvidados en la identificación de la exposición al riesgo cambiario. El caso de las pequeñas y medianas empresas manufactureras del estado de Sinaloa»

Que presenta:

MCA GUMARO ALVAREZ VIZCARRA

Para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS ADMINISTRATIVAS

DIRECTOR

DR. EZEQUIEL AVILÉS OCHOA

Culiacán, Sin., octubre 07 de 2014

AGRADECIMIENTOS

Sin la colaboración de todas las personas e instituciones que me arroparon incondicionalmente durante el proceso de preparación, la concepción y conclusión de esta tesis hubiese sido imposible. Sin duda, he adquirido un enorme pasivo de gratitud.

Quiero expresar mi reconocimiento al Dr. Ezequiel Avilés Ochoa, mi director de tesis, quien en los momentos precisos, me impulso a rebasar mis propias expectativas, con su exigencia científica y metodológica. Al Dr. Juan Carlos Leyva López, y Dr. Manuel Muñoz Palma, pues sus recomendaciones, críticas y sugerencias han constituido, un aprendizaje inestimable.

De manera particular, es un gusto, poder decir gracias a la Dra. Ana María Gil Lafuente, quien con su agudeza intelectual, contribuyo sustancialmente a fortalecer mi trabajo, y con su ejemplo me ha impulsado a creer que el conocimiento científico es de poca utilidad si no procura mejorar la calidad de vida de las personas.

Pretendo dejar testimonio de mi gratitud, al Ing. Isidro Cavazos de León, por la confianza que ha depositado en mi persona, por su gran disposición para apoyarme en todo momento.

En toda investigación, un aspecto importante lo constituye la disponibilidad de información, por ello, agradezco al grupo de empresarios y ejecutivos bancarios, quienes desinteresadamente abrieron su agenda para compartirme su tiempo, experiencia, y conocimiento.

A todos los que me han distinguido con su amistad, les agradezco su paciencia por tolerar mis prolongadas ausencias, de sus vidas y reuniones. A mis compañeros de clase, toda mi gratitud, por facilitar mi reinserción a las actividades académicas y de investigación.

A mis hijos; Citlali, Arlen, Axell y Alica, así como a mi nieta Alesh, no solo merecen mi agradecimiento, sino también mis disculpas por la atención que les he quitado. A Quelito, mi esposa, quien ha sido un bastión de gran fortaleza, a quien obviamente, por el tiempo que le he robado, le debo bastante más que el hecho de llevar a cabo la aventura intelectual que representa esta tesis.

Resumen: La gestión de la exposición al riesgo cambiario es tarea imprescindible para reducir la vulnerabilidad de las firmas ante variaciones inesperadas en el tipo de cambio, las cuales impactan de manera adversa el margen de utilidad, el flujo de efectivo y el valor de la empresa. A principios de la década de los ochenta, Adler y Dumas conducen la disciplina de la gestión de la exposición al riesgo con el apoyo de técnicas econométricas, efectivas en condiciones de estabilidad. No obstante, la característica común de las economías modernas es la incertidumbre e inestabilidad del entorno. Bajo esas circunstancias, los modelos tradicionales son insuficientes e inefectivos en la toma de decisiones. En consecuencia, es necesario encarar, desde otra óptica, las decisiones bajo condiciones inciertas. En el trabajo se busca, evidenciar los determinantes ocultos de la exposición al riesgo cambiario. Concluirlo, permite apreciar cómo algunos aspectos fundamentales en la identificación de la exposición, se «olvidaron». Los hallazgos facilitan a las empresas redefinir las estrategias de acción para desarrollar una gestión eficiente de la exposición cambiaria.

Palabras clave: exposición, riesgo cambiario, efectos olvidados, lógica borrosa.

Abstract: The management of foreign exchange exposure is essential to reduce vulnerability of firms to unexpected changes in the exchange rate, which adversely impact the profit margin, cash flow and value of the business task. In the early eighties, Adler and Dumas lead the discipline of managing risk exposure with the help of econometric techniques which are effective in stable conditions. However, the common feature of modern economies is the uncertainty and instability of the environment. Under such circumstances, the traditional models are insufficient and ineffective in making decisions. It is therefore necessary to address, from another perspective, decisions under uncertain conditions. At work it seeks to demonstrate the hidden determinants of foreign exchange exposure. Conclude, to appreciate how key aspects in the identification of exposure, they "forgot". The findings help companies redefine the action strategies to develop an efficient management of foreign exchange exposure.

Keywords: Exposure, exchange risk, forgotten effects, fuzzy logic.

ÍNDICE GENERAL

	CAPÍTULO I. Introducción: El proyecto de investigación	
1.1	Introducción……	7
1.2	Planteamiento del problema……	8
1.3	Formulación del problema……	12
1.4	Objetivo general……..	13
1.4.1	Objetivos específicos……	14
1.5	Justificación del problema……	14
1.6	Delimitación del problema……	15
1.7	Hipótesis……...	16
	CAPÍTULO II. Marco teórico	
2.1	Introducción……	18
2.2	Gestión de la exposición al riesgo cambiario……	19
2.3	La interpretación clásica……	21
2.4	El tránsito a la Lógica Borrosa……..	26
2.5	Lógica multivalente. Lógica Borrosa……	28
2.6	Subconjuntos borrosos……..	30
2.7	Relaciones borrosas: Preorden y Orden, Semejanza o Proximidad, Similitud o Equivalencia…..……...	34
2.8	Aplicaciones de la lógica borrosa……	39
2.9	La Teoría de los Efectos Olvidados: identificación de la exposición al riesgo cambiario……..	41
	CAPÍTULO III. Consideraciones metodológicas	
3.1	Introducción……	51
3.2	Experiencia-conocimiento……	52
3.3	Formulación de modelos y metodología……	53
3.4	Metodología de la investigación……..	54
3.5	Modelación desde la lógica borrosa……	55
3.5.1	Modelos numéricos……	57
3.5.2	Modelos no numéricos……..	61
3.6	Estrategia metodológica……	60
3.7	Criterios de validez……	58
3.8	Diseño de la investigación de campo……..	62
3.8.1	Selección de la muestra……	63
3.8.2	Recolección de información……	64
3.8.3	Técnicas de procesamiento de información……..	66
3.9	Análisis de información…..……...	68
	CAPÍTULO IV. Resultados	
4.1	Introducción……	69

4.2	Exposición al riesgo cambiario desde la perspectiva de los pequeños y medianos empresarios……..	70
4.3	Definición de variables……...	71
4.4	Matrices de incidencia original…….....	75
4.5	Matriz de efectos secundarios……..	81
4.6	Matriz de resultados o de efectos olvidados……..	84
4.7	Grafos de incidencias de elementos interpuestos……	87
	CAPÍTULO V. Conclusiones y recomendaciones	
5.1	Introducción……	90
5.2	Análisis del marco contextual del proyecto de investigación……..	90
5.3	Reflexiones sobre los elementos teóricos……..	94
5.4	Acerca de las decisiones metodológicas……	95
5.5	Sobre los resultados obtenidos……	95
5.6	Algunas recomendaciones de aplicación y nuevas líneas de investigación……	96
5.7	Reflexiones sobre cuestiones generales……	97
5.7.1	Aportaciones……	97
5.7.2	Principales problemas……	98
5.7.3	Aspectos relevantes…….....	99
5.7.4	Limitaciones……..…….....	100
	Anexos……..	101
	Bibliografía……...	106

Índice de cuadros y figuras

	Capítulo II. Marco Teórico	
Figura 2.1	Gestión del riesgo cambiario. Teorías, técnicas y modelos……	10
Figura 2.2	Dimensiones de la investigación…….	20
Tabla 2.1	Determinantes clásicos de la exposición al riesgo cambiario……	23
Tabla 2.2	Modelos de regresión lineal en la medición de la exposición del riesgo cambiario……..	24
Figura 2.3	Cronología de la lógica multivalente y la lógica borrosa……..	30
Figura 2.4	Relación borrosa en forma de matriz reflexiva……..	35
Figura 2.5	Relación borrosa en forma de matriz asimétrica……..	35
Figura 2.6	Relación borrosa en forma de matriz simétrica……	36
Tabla 2.3	Relaciones y sus propiedades……..	38
Figura 2.7	Relación en forma matricial……...	44
Figura 2.8	Relación en forma sagitada……..	45
Figura 2.9	Aplicación del modelo FICO……	47
Figura 2.10	Matriz borrosa de incidencia……	48

Figura 2.11	Grafo sagitado de incidencia……	48
Tabla 2.4	Escala endecadaria……	49
	Capítulo III Decisiones metodológicas	
Tabla 3.1	Modelos no numéricos……..	59
Figura 3.1	Modelo de diseño de investigación……..	62
Figura 3.2	Esquema de seguimiento proceso de investigación de campo……..	63
Figura 3.3	Modelo de recolección de información……	65
Figura 3.4	Modelo de procesamiento de información……..	66
Tabla 3.2	Escala endecadaria……	67
	Capítulo IV. Resultados	
Tabla 4.1	Empresas consideradas en la muestra……..	72
Tabla 4.2	Variables propuestas por el grupo de expertos……	73
Tabla 4.3	Pre composición; variables y porcentaje de aceptación……..	74
Tabla 4.4	Escala endecadaria……	76
Tabla 4.5	Expertón c_1……..	77
Tabla 4.6	Matriz^A de incidencia directa $\left[CE^A\right]$……	78
Tabla 4.7	Matriz^A de incidencia directa $\left[CC^A\right]$……	78
Tabla 4.8	Matriz^A de incidencia directa $\left[EE^A\right]$……	79
Figura 4.1	Registro de variables en FuzzyLog……..	81
Figura 4.2	Valuaciones de pares ordenados en FuzzyLog…….	82
Tabla 4.9	Matriz de efectos indirectos $\left[M*\right]$……	83
Tabla 4.10	Matriz de efectos olvidados $\left[M**\right]$……	84
Tabla 4.11	Efectos con grado de olvido……	85
Tabla 4.12	Variables con % de aceptación *vs* variables con grado de olvido…….	86
Figura 4.3	Grafo de incidencia: Falta de información-inflación……....	87
Figura 4.4	Grafo de incidencia: mala planeación financiera-riesgo de quiebra…..	87
Figura 4.5	Grafo de incidencia: Cuentas por cobrar en divisas-desempleo……	88
Figura 4.6	Grafo de incidencia: Actitud del empresario-inseguridad social……	88
Figura 4.7	Grafo de incidencia: Mala planeación financiera-inseguridad social….	88
Tabla 4.13	Elementos interpuestos en el valor olvidado…..……	89
	Capítulo V. Conclusiones y consideraciones finales	
Tabla 5.1	Tres perspectivas sobre la exposición al riesgo cambiario…….	92
Figura 5.1	Proceso de evolución conceptual de la investigación……..	98
	Anexos	
Figura A.1	Diagrama de flujo FuzzyLog……	102
Tabla A.1	Expertones $c_1,c_2,c_3,\ldots,c_n$, $e_1,e_2,e_3,\ldots,e_m$……..	103

Capítulo I. Introducción. El proyecto de investigación

1.1 Introducción

Con la globalización de los mercados, argumenta Barcellos de Paula (2010), la interdependencia entre las economías se incrementa y son más vulnerables a los desequilibrios financieros, generando así mayor incertidumbre. La volatilidad de las variables financieras, señalan Muñoz Palma y Avilés Ochoa (2013), emanada de entornos económicos inciertos, tiene efectos adversos en la competitividad de las organizaciones. En un entorno de alta volatilidad, advierte Pascale (1999), el mundo se ha tornado en un lugar más riesgoso. Kavaliova (2010) afirma que los mercados financieros se enfrentan a una creciente incertidumbre de precios, por lo que no es suficiente la disciplina fiscal o monetaria en los gobiernos nacionales. Se requiere, aseguran Preciado, España y López (2011) y Danhani (2004), que todas las empresas realicen esfuerzos para desarrollar una gestión de la exposición al riesgo cambiario, que contribuya a disminuir los efectos de los colapsos financieros. Sin importar, señalan Martínez (1999), Rodríguez (1979), Doukas, Hall y Lang (2003), el giro o nivel de operación que registren en los mercados nacionales e internacionales.

La gestión al riesgo cambiario alcanza un nivel de complejidad por el intenso flujo de información y el acelerado índice de mutabilidad de las relaciones económico financieras. En consecuencia, las estrategias implementadas pierden efectividad. Por ello, afirman Gil Aluja (1999) y Martínez et al. (2007), se vuelve evidente el desfase de

los modelos deterministas respecto a los requerimientos de un entorno marcado por la incertidumbre creciente.

Una administración efectiva de la exposición a las variaciones no anticipadas en el precio de las divisas demanda esfuerzos en tres vertientes, señalan Popov y Stutzmann (2003): la identificación, la medición y la cobertura. A la fecha, la mayor parte de las acciones se han enfocado a la medición y en menor medida a la protección. En este trabajo se busca precisar el origen de la exposición, identificando sus determinantes directos e indirectos.

Este capítulo se compone de seis apartados, adicionales a la introducción: se plantea el problema, se formula el problema de investigación, se establece el objetivo general, se puntualiza la justificación, se precisa la delimitación y finalmente se plantea la hipótesis.

1.2 Planteamiento del problema de investigación

En una economía de libre mercado, el comportamiento del tipo de cambio adquiere resonancia especial en la toma de decisiones privadas y públicas. La administración del riesgo cambiario es una tarea diaria de las organizaciones y posibilita reducir la probabilidad de que el flujo de efectivo disminuya en el mínimo necesario.

La mecánica de las economías contemporáneas, afirman Ruiz et al. (2007), ha incrementado los flujos de intercambios comerciales y financieros y ha motivado la

codependencia en los mercados de bienes, de servicios y de activos (Barcellos de Paula, 2010). En consecuencia, cualquier evento o suceso económico internacional repercute a distancia en otras economías.

En estas condiciones, la volatilidad cambiaria se agudiza. Davidson (2003) señala que el curso normal de las finanzas puntualiza pequeños desbalances en el comercio, debido a la estacionalidad, a las variaciones en almacenaje o a las fases del ciclo de negocios, generando oscilaciones en los flujos de pagos internacionales. Entonces, por la apertura comercial, quien haga algún negocio es susceptible de ser afectado por los riesgos que implican estas fluctuaciones.

A partir del colapso del sistema de Bretton-Woods, a principios de la década de los setenta, el contexto de riesgo que portan los mercados globales se detona e intensifica, empujando a la adopción generalizada del régimen de libre flotación y, en paralelo, fortaleciendo la aceleración de la apertura comercial. En este punto, la administración del riesgo cambiario, asientan Bartram y Bodnar (2005), se convierte en actividad estratégica de la gobernanza corporativa.

Knight, (1921) señala que la incertidumbre condiciona el riesgo. Entonces, el binomio incertidumbre-riesgo complica la gestión de las empresas. En el mundo contemporáneo, afirma Gil Aluja (1999), la incertidumbre es la característica predominante. Popov y Stutzmann (2003) señalan que la gestión de la exposición al riesgo cambiario implica una visión clara sobre este fenómeno; la incertidumbre,

puntualiza, surge cuando el individuo percibe el riesgo; empujándolo a controlarlo o vaticinar los resultados. No obstante, se le concibe como una constante que los instrumentos de cobertura tradicional no han podido eliminar.

Gil Lafuente A.M (1993) advierte que los mecanismos de la certeza resultan inoperantes, cuando la realidad se desvía del esquema elaborado, pues las técnicas estocásticas difícilmente se adaptan cuando los datos se hayan impregnados de subjetividad. Por ello, confirma Salazar (2012), se buscan alternativas para tratar la incertidumbre desde otro campo. Gil Lafuente A.M (1993) señala que para realizar un tratamiento adecuado de los fenómenos imprecisos es necesario recurrir a la más general de las teorías capaces de describir ambientes inciertos: la teoría de los subconjuntos borrosos.

La teoría de los subconjuntos borrosos, precisa Gil Lafuente (1993), está perfectamente adaptada al tratamiento de lo subjetivo y de lo incierto, recoge los fenómenos como se presentan en la vida real y realiza su tratamiento sin intentar deformarlos para hacerlos precisos y ciertos. La formalización de la incertidumbre, a partir de los conceptos borrosos, ha dado lugar a una distinta manera de pensar, que reúne el rigor del razonamiento secuencial y la riqueza de la imaginación.

Gil Aluja (1999) confirma que las condiciones inciertas y de alta mutabilidad requieren de otros esfuerzos para afrontarlos. Al respecto, apuntan Rico y Tinto (2008), es necesario replantear la aplicación de las herramientas de la certeza. Y adoptar,

concluye Gil Aluja (1999), nuevos instrumentos que correspondan a esta realidad en constante cambio, soportados en la matemática de la incertidumbre.

En este contexto, *los modelos borrosos*, de la matemática de la incertidumbre, afirman De los Cobos, Goddard y Gutiérrez (2010), son más versátiles que los convencionales modelos estadísticos deterministas, pues permiten detectar *relaciones funcionales* cuando las variables en estudio no se manifiestan como valores únicos, sino como *intervalos de confianza en posibilidad y no en probabilidad.*[1] En consecuencia, proponen Gil Aluja (1999), Benito y Durán (2010), adoptar el uso de modelos borrosos es condición para el tratamiento de problemas que implican la inclusión del pensamiento subjetivo del ser humano.

La solución de estos problemas, afirma Klimova (2009), ha resultado con mayor fluidez, a partir de la utilización de la matemática de la incertidumbre, mediante los modelos basados en números inciertos y los denominados no numéricos.

Son los modelos inciertos, expresa Gil Aluja (1999), desarrollados a partir de conceptos emergidos de la matemática no numérica, los más aptos para el estudio de los fenómenos que escapan no sólo a la medición, sino también a la valuación. La flexibilidad de los modelos no numéricos, expresa Gil Aluja (1999), facilita aglutinar la subjetividad como una cuasi verdad, brindan libertad para encontrar las relaciones existentes entre

[1] La posibilidad de la elección de algún evento difiere de la probabilidad de la elección, debido a que la posibilidad es un máximo de niveles de posibilidad de elementos de un evento y la probabilidad es una suma aditiva de las probabilidades de los elementos de un evento (Sirbiladze, Khutsishvili y Ghvaberidze, 2013).

los miembros de un referencial $[C]$ o entre miembros de distintos referenciales $[C][E]$. Asimismo, son referentes importantes en el proceso decisorio en las instituciones públicas o privadas. Por tanto, utilizar la matemática de la incertidumbre, y el modelo de efectos olvidados, permite profundizar en el análisis de las relaciones de incidencia existentes entre las variables influyentes en determinado problema, hasta arribar a la causa real del conflicto.

1.3 Formulación del problema de investigación

La identificación de la exposición a las variaciones del precio de las divisas que enfrentan los organismos empresariales no contemplan los efectos interpuestos, pues estos, afirma Gil Aluja (2005), son producto de una acumulación de causas. En esta fase, sólo se incluyen variables que constituyen el entorno inmediato. Por tanto, expresa Salazar (2012), las estrategias establecidas por los tomadores de decisiones son inefectivas y costosas.

Bajo estas circunstancias, y por ausencia de un modelo específico para cubrir la primera fase de la gestión de la exposición cambiaria, conlleva a explorar nuevas alternativas y plantear la interrogante central que oriente los esfuerzos en la búsqueda de las soluciones:

¿Cómo identificar eficazmente los determinantes de la exposición al riesgo cambiario en las pequeñas y medianas empresas manufactureras del estado de Sinaloa?

Para sistematizar de manera adecuada, se establecen las siguientes interrogantes:

¿Cuáles han sido las estrategias más recurrentes en gestión de la exposición al riesgo cambiario en las pymes manufactureras de Sinaloa?

¿Cuáles son las herramientas de protección o cobertura que con mayor frecuencia utilizan las pymes manufactureras de Sinaloa?

¿De qué manera toman las decisiones de protección contra el riesgo cambiario en las pymes manufactureras de Sinaloa?

¿Qué elementos inciden en la exposición al riesgo cambiario de las pequeñas y medianas empresas manufactureras de Sinaloa?

¿Cuáles son las ventajas de utilizar el análisis borroso, a través de la FET, en la identificación de los determinantes de la exposición al riesgo cambiario?

1.4 Objetivo general

Para responder a esas interrogantes, se formula el siguiente objetivo general y los respectivos objetivos específicos, quedando de la siguiente manera:

Conocer los determinantes de la exposición al riesgo cambiario, enfatizando en la detección de los elementos indirectos que inciden en este fenómeno y que han sido obviados por los tomadores de decisiones de las pequeñas y medianas empresas manufactureras de Sinaloa, utilizando el modelo de Efectos Olvidados.

1.4.1 Objetivos específicos

Identificar las características de las estrategias de administración del riesgo cambiario implementadas por las pymes manufactureras de Sinaloa.

Conocer las herramientas de protección o cobertura de la exposición al riesgo cambiario que utilizan las pymes manufactureras.

Conocer la manera en que las pymes toman las decisiones en la administración del riesgo cambiario.

Investigar cuáles son los elementos que los directores de empresas, consideran generadores de la exposición al riesgo cambiario en las pymes manufactureras de Sinaloa.

Evidenciar cuáles son las ventajas que tiene el uso de la Teoría de los efectos olvidados en identificar los elementos interpuestos en la gestión de la exposición al riesgo cambiario.

1.5 Justificación de la investigación

Las condiciones de incertidumbre, expresan Kaufmann y Gil Aluja (1988), no permiten, en la mayor parte de los casos, tomar en consideración los datos del pasado, para establecer una previsión suficientemente validad del futuro, ni siquiera en términos de probabilidad. En las relaciones de una empresa con el medio exterior, comenta Gil Aluja (1999), no sólo influyen los datos del pasado; además de éstos, de manera fundamental interviene la estimación de las situaciones futuras. En consecuencia, argumenta Klimova (2009), es necesario desarrollar nuevos modelos, basados en una

combinación de la medición, el control, el *conocimiento de expertos* y *la experiencia operacional*, de manera que permita considerar la tendencia no lineal de la operación y el tiempo de ejecución variable.

Por tanto, sustentar la toma de decisiones, para el caso gestión de la exposición al riesgo cambiario, en los rígidos números, producto de las operaciones aritméticas, en la información del pasado y en los modelos tradicionales, no garantiza obtener los mejores resultados, pues invariablemente, señalan Gil Lafuente y Barcellos (2010), todos los fenómenos y hechos forman parte de alguna clase de sistema o subsistema, quedando sometidos a algún tipo de incidencia causa-efecto. Por tanto, habrá la posibilidad de dejar de considerar u olvidar algunas relaciones de causalidad que no siempre son explícitas y que influyen fuertemente en la eficiencia de las estrategias implementadas.

Al respecto, Gil Lafuente (1993) concluye: ante una perspectiva de cambio rápido y permanente, es necesario disponer de instrumentos cuyas características dominantes sean la *flexibilidad* y la *adaptabilidad.* Por ello, se considera que la implementación de los modelos no numéricos satisface con amplitud este requisito. Consecuentemente, se implementó el modelo de los Efectos Olvidados.

1.6 Delimitación de la investigación

La investigación está orientada a identificar los elementos no considerados por los tomadores de decisiones, como determinantes de la exposición al riesgo cambiario,

que enfrentan las pequeñas y medianas empresas manufactureras del Estado de Sinaloa. Para ello, de acuerdo con lo dispuesto en el modelo utilizado, se requirió la participación de un grupo de «expertos», formado por directores, gerentes y ejecutivos financieros de las empresas e instituciones consideradas en la muestra, de quienes se obtuvieron opiniones, vertidas en expresiones lingüísticas, que fueron transformadas a valores numéricos, condición que clasifica la investigación como mixta, exploratoria y no experimental.

1.7 Hipótesis

Debido al desarrollo económico y sus consecuencias, las empresas, apuntan Gil Lafuente y Barcellos de Paula (2010), *necesitan encontrar caminos para sobrevivir en un mercado competitivo*. No obstante, aseguran Kaufmann y Gil Aluja (1990), en un entorno de incertidumbre las empresas requieren de herramientas que auxilien en la toma de decisiones y en la definición de sus estrategias, el uso de la lógica borrosa y sus diferentes modelos, señalan Kaufmann y Gil Aluja (1987), y Benito y Durán (2010) permite encontrar estas herramientas.

Encontrar las relaciones de causalidad que ayudan a descubrir las variables que se obviaron, en el análisis inicial de un problema, aseveran Nicolás y Gil Lafuente (2010), permite perfeccionar el proceso de definición de mejores estrategias.

Para Salazar (2012), conocer la opinión de los expertos, mediante la aplicación de un modelo no lineal, apoyado en la Lógica Borrosa y en la Teoría de los Efectos

Olvidados*, optimiza la gestión del riesgo cambiario y produce mejores resultados, que aquella que utiliza métodos de cobertura tradicional*.

La teoría de los Efectos Olvidados, y los modelos no numéricos, permiten evolucionar en la incertidumbre, facilitan protegerse mejor, previendo y explorando eficientemente las incidencias, Kaufmann y Gil Aluja (1988). Por ello, para analizar las relaciones de causalidad en el proceso de identificación de la exposición al riesgo cambiario se considera oportuno establecer la siguiente hipótesis.

«Existen determinantes de la exposición al riesgo cambiario, que no se consideran en el análisis inicial del problema, por permanecer ocultos a la percepción de los tomadores de decisiones. La aplicación del modelo de Efectos Olvidados, permite detectarlos y facilita la creación o reestructura de las estrategias para una gestión eficiente».

Capítulo II. Marco teórico

2.1 Introducción

Hoy las empresas tienen vínculos persistentes con el entorno económico, todos ellos exógenos a su ámbito de decisión. Esta interacción, inmersa en la volatilidad sistémica de las variables económicas y financieras, se traduce en una creciente exposición al riesgo cambiario que, de no neutralizarse, deteriora la posición competitiva y disminuye el valor de mercado de las organizaciones (Adler y Dumas, 1984; Jorion, 1990).

La empresa, sea de bienes comerciables o no, está expuesta al riesgo y, por ello, obligada a diseñar y desarrollar una estrategia de gestión orientada a minimizar los quebrantos derivados de eventos no anticipados en el mercado de divisas (Dhanani, 2004; Preciado, España y López, 2011). La tarea contiene las siguientes fases: identificación, medición y cobertura (Popov y Stutzmann, 2003; Allayannis, Ihrig y Weston, 2001).

En la medición del nivel de exposición, es común denominador la utilización de las metodologías econométricas y de series de tiempo. Empero, la evidencia prueba que estas técnicas no son muy eficientes en condiciones de volatilidad acentuada. Así pues, es necesario conducir la gestión del riesgo desde otra perspectiva (Gil Aluja, 1999). Una de ellas, que complementa el análisis tradicional, es la Teoría de los Conjuntos Borrosos,

mediante la cual se transita de las respuestas puntuales de la matemática binaria a las multivalentes de la matemática borrosa.

El capítulo, adicional a la introducción, está dispuesto en ocho apartados: la gestión de la exposición al riesgo, la interpretación clásica, el tránsito a la lógica borrosa y su modelación, lógica multivalente, lógica borrosa, subconjuntos borrosos, relaciones borrosas, aplicaciones de la lógica borrosa, y finalmente se detalla una conceptualización teórica y metodológica de la Teoría de los Efectos Olvidados.

2.2 La gestión de la exposición al riesgo cambiario

La identificación y medición de la volatilidad, puntualiza Jutching (1995), así como la de sus determinantes, exige a los administradores de riesgo desarrollar habilidades analíticas e instrumentales. Primero, explican Popov y Stutzmann (2003), es necesario reconocer el problema, luego predecirlo y, después, delinear un plan para enfrentarlo.

La gestión se fundamenta en axiomas teóricos que, habitualmente, son contrastados con el apoyo de modelos, herramientas y técnicas cuantitativas. En la figura 2.1 se describe un marco referencial que incluye la perspectiva determinista, desde donde se ha estudiado y modelado la administración de la exposición al riesgo cambiario. La lógica borrosa y La Teoría de los Efectos Olvidados complementan el análisis tradicional.

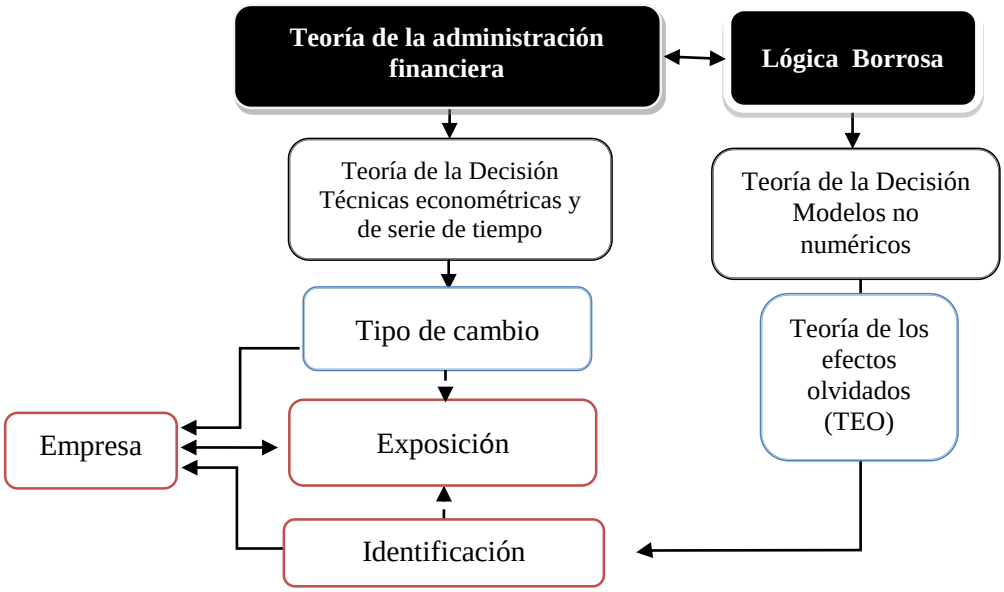


Figura 2.1 Gestión del riesgo cambiario. Teorías, técnicas y modelos.

Elaboración propia.

En el marco referencial señalado, discurren dos elementos que constituyen el marco teórico dimensional del proyecto, como se aprecia en la figura 2.2.

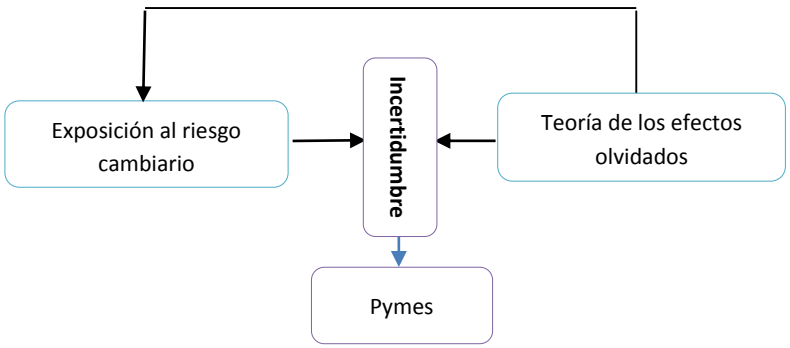


Figura 2.2 Dimensiones de investigación.

Elaboración propia.

2.3 La interpretación clásica

Por los frecuentes cambios en la oferta y demanda de los mercados financieros, influidos por numerosos factores externos, el régimen de libre flotación, argumentan Popov y Stutzmann (2003), es el responsable de las oscilaciones en el precio de las monedas. Estas fluctuaciones, afirman, exponen a las empresas al riesgo cambiario. Por otra parte, las economías son cada vez más abiertas a un creciente comercio internacional. En consecuencia, las compañías se vuelven más vulnerables a las fluctuaciones de los tipos de cambio.

Por lo general, se acepta que los movimientos imprevistos del tipo de cambio modifican los flujos de efectivo esperados, al alterar el valor de los ingresos obtenidos en moneda local y el costo de los insumos en moneda extranjera. Los efectos de la exposición no son exclusivos de firmas de bienes comerciables. Doukas, Hall y Lang (2003), Shapiro (1974) y Allayannis y Ofek (1997), Chaieb, y Mazzotta (2010), consideran que la exposición también es operacional, aquella relativa a exportaciones, importaciones y fuente de sus insumos. En ese contexto, las empresas de bienes no comerciables enfrentan alteraciones en la demanda; si tal es elástica, aumento en costos, alza en requerimientos de capital de trabajo e intensificación de la competencia. De esta manera, concluyen Martínez, S. P (1999), Rodriguez (1979), en un ambiente globalizado e incierto, las empresas, sin importar su ubicación, tamaño y actividad, son perturbadas por los efectos de las variaciones imprevistas de la paridad cambiaria.

La investigación pionera está centrada en la determinación de la exposición del flujo de efectivo y valor de las firmas ante movimientos inesperados del tipo de cambio (Shapiro, 1974; Adler y Dumas, 1984; Flood y Lessard, 1986; Priestley y Odeggard, 2002). Las aportaciones, apunta Rodríguez (1979), están orientadas a estudiar el impacto de las fluctuaciones cambiarias sobre el nivel del flujo de efectivo operacional de las firmas.

Las definiciones de exposición al riesgo cambiario son convergentes. Adler y Dumas (1984), Allayannis y Ofek (1997), Flood y Lesard (1986), Bartram (2005) y Doukas et al. (2003), la definen como la elasticidad del flujo de efectivo ante las variaciones no anticipadas del tipo de cambio. Desde la perspectiva de Jorion (1990), representa la sensibilidad del valor de las firmas ante variaciones inesperadas de la paridad, coincidente con el planteamiento de Adler y Dumas (1984). Sin embargo, él establece una diferencia fundamental: especifica como variable endógena el *valor de las firmas*, su enunciado es multivariable y el valor de las firmas no está determinado sólo por el flujo de efectivo.

La administración de la exposición al riesgo, conceptualiza Radja (1997), es un *proceso sistemático* conducente a identificar y evaluar sus efectos y, posteriormente, seleccionar y desarrollar la técnica más apropiada de cobertura. Geissler (1995) la concibe como un *proceso interactivo* que consta de dos fases: identificación y diseño de cobertura externa. Wallace (1998) la define como una combinación de prácticas donde el todo es más que la suma de sus partes; la resume como un proceso concatenado de actividades que permite llegar a un resultado. Popov y Stutzmann (2003), y Rahnema

(2007), la precisan como un proceso que consta de tres fases: identificación, medición y cobertura.

En cuanto a la identificación, los esfuerzos son dispersos. De acuerdo con Jegher (1999), el primer paso es la identificación, entendida como la fase perfilada a la detección de las causas de la exposición, lo que permite diseñar estrategias para contrarrestarlo. Popov y Stutzmann (2003) advierten que para identificar la exposición, ésta debe ser previamente definida y expresarse funcionalmente. En la tabla 2.1 se resume la literatura relativa a los determinantes de la exposición al riesgo cambiario.

Tabla 2.1 Determinantes de la exposición al riesgo cambiario

Determinantes	Autor
Ventas al exterior	Jorion (1990)
Tamaño de la firma	Doukas et al. (1996)
Apalancamiento	He y Ng (1998)
Coberturas mediante derivados	Allayannis y Ofek (1997)
Posicionamiento de marca	Allayannis y Ihrig (2001)
Mercados compartidos	Williamson (2001)
Concentración industrial	Bartram y Karolgy (2003)
Liquidez de la firma	Bartram (2004)

Elaboración propia, con información de Bartram (2005).

En la estimación de la sensibilidad del flujo de efectivo, ante variaciones no anticipadas de la paridad, tradicionalmente, se emplean técnicas econométricas y de series de tiempo. Desde Jevons (1910), pasando por Haavelmo (1944), son el instrumento básico. Los modelos de medición de Adler y Dumas (1984) y Jorion (1990), son los detonantes de una modelación progresiva.

Tabla 2.2 Modelos de regresión lineal en la medición de la exposición

Autor	Modelo	Nomenclaturas	
Adler y Dumas (1984)	$P = a + bS + e$ (1)	P	Flujo de efectivo de la firma
		a	La constante
		b	El coeficiente de regresión de la exposición
		S	La variación del tipo de cambio
		E	El residual de la regresión
Jorion (1990)	$R_{it} = \beta_{0i} + \beta_{1i} R_{st} + \varepsilon_{it} \quad t = 1,\ldots,T$ (2)	R_{it}	Es la tasa de rentabilidad en la iésima acción
		β_{0i}	Es la constante
		β_{1i}	Es el parámetro de la exposición
		R_{st}	Es la tasa de cambio en un tipo de cambio ponderado por el mercado
		ε_{it}	Es el residual
Jorion (1990)	$R_{it} = \beta_{0i} + \beta_{2i} R_{st} + \beta_{3i} R_{mt} + n_{it}$ (3)	R_{it}	Es el valor de la empresa
		β_{0i}	Es la constante
		$\beta_{2i}\ R_{st}$	Es la tasa de cambio en un tipo de cambio ponderado por el mercado
		$\beta_{3i}\ R_{mt}$	Es la tasa de retorno en el valor del índice CRSP ponderado por el mercado
		η_{it}	Es el residual

Elaboración propia.

Adler y Dumas (1984) conceptualizan la exposición como la sensibilidad del *flujo de efectivo* ante variaciones inesperadas del tipo de cambio. Estiman una regresión simple, donde el coeficiente proporciona una medida de la sensibilidad. Por su parte, Jorion (1990) establece que la exposición es la sensibilidad del *valor de las firmas* ante modificaciones no anticipadas de la paridad y sus determinantes.

La ecuación de Jorion (1990) es similar a la de Adler y Dumas (1984). La diferencia estriba en que para estos últimos la variable dependiente es el flujo de efectivo. Para el primero, es la rentabilidad de las acciones. Sin embargo, Jorion modela una ecuación

alterna, que incluye de manera explícita los movimientos del mercado, expresada de la siguiente forma:

$$R_{it} = \beta_{0i} + \beta_{2t} R_{st} + \beta_{3i} R_{mt} + \eta_{it} \qquad t = 1.....,T$$

Desde la perspectiva de Bodnar y Wong (2000), el estudio empírico de la exposición, a través de la modelación matemática, hasta antes de Adler y Dumas (1984) y Jorion (1990), es prácticamente inédita. De acuerdo con Jorion (2010), las técnicas modernas de gestión del riesgo han progresado.

En lo concerniente a la cobertura, la definen Makar y Hufmann (1997), Babbel (1983), Hull (2002), como la estrategia que reduce el riesgo asociado con los movimientos en el precio de las divisas y otros movimientos adversos. En el mercado financiero, como en la operatividad de algunas empresas, se han utilizado estrategias como la diversificación, la cobertura natural y los derivados, entre otras, de menor proyección.

Jorion (2010) señala que la administración financiera y las técnicas de protección han evolucionado sistemáticamente. Sin embargo, anota Gil Aluja (1999), la sofisticación en el empleo de técnicas y herramientas no ha sido factor de éxito en la toma de decisiones en un entorno de incertidumbre creciente. De ahí la hipótesis instrumental emergente que postula lo siguiente: los métodos tradicionales de la matemática binaria no tienen la eficiencia esperada en un entorno volátil y globalizado, lo que abre un espacio para enfrentar la subjetividad, vaguedad e incertidumbre desde otra perspectiva.

2.4 El tránsito a la Lógica Borrosa

Hoy día, señala Gil Aluja (2005), los esfuerzos están orientados a estructurar un marco teórico y metodológico para explicar con mayor rigor analítico la problemática de los decisores en un ambiente complejo y difuso.

El análisis financiero se consolida con Schneider (1944), quien introduce una metodología para el análisis de inversiones y precisa criterios de decisión que fortalecen las teorías de maximización del valor de la empresa. No obstante, a finales de los cincuenta y principios de los sesenta, los modelos se tornan más complejos al insertar en la discusión el análisis de la incertidumbre. Desde entonces, Arrow y Debreu (1954) posicionan el riesgo como un punto focal de la discusión.

El progreso de la gestión está aparejada con el desarrollo de los métodos de pronóstico y validación. La estimación de la correlación entre variables para determinar la incidencia o nivel de afectación tiene sus orígenes en Jevons (1910),[2] Moore (1914)[3] y hasta Haavelmo (1944).

En la literatura hay variados modelos utilizados para explicar y resolver problemas en ambientes de escasa y nula incertidumbre. Mediante un proceso simplificado se brinda la interpretación del entorno, fundamentada en la teoría y la observación, enfatizando el

[2] Intentó, con base en las técnicas estadísticas de ese tiempo, determinar la relación estrecha entre los ciclos solares y los precios de los granos.
[3] Trató de establecer la relación entre la trayectoria del planeta Venus y la condición del tiempo (meteorológico) en la determinación del ciclo económico.

rol de la información cuantitativa (Spanos, 1986; Adalid Diez de Urdanivia, 2002; Ventosa Santaulária, 2006; Sánchez, 2007). La acentuación de la volatilidad, emanada de la conectividad de mercados y economías de tamaño desigual, precisan Rico y Tinto (2008), exige replantear el empleo de las herramientas tradicionales y la adopción de nuevos instrumentos para abordar el tratamiento de los fenómenos inciertos.

Las herramientas utilizadas para complementar el análisis clásico, inscribe Gil Aluja (1999), tienen su origen en la evolución del conocimiento científico y el desarrollo de la matemática de la incertidumbre. En este terreno, el debate se ha construido desde la plataforma del *Principio del tercio excluso*,[4] en el cual se establece que una proposición es verdadera o falsa, pero no ambas a la vez.

En este contexto, Aristóteles establece la Teoría del Silogismo,[5] que da origen a la lógica clásica, cuya consistencia se refuerza por el planteamiento de Boole (1835). Sin embargo, es Lukasiewicz (1910) quien formula la existencia de proposiciones que no son ni verdaderas ni falsas, sino indeterminadas, enunciando el *principio de valencia.*[6] Desde entonces, se inicia el recorrido por el camino de las lógicas multivalentes, hoy conocido como lógica borrosa (Zadeh, 1965) o matemática de la incertidumbre[7] (Kaufmann y Gil Aluja, 1987; Gil Aluja, 2000).

[4] Se atribuye a Aristóteles y Crisipides. Principio al que se opusieron los epicúreos argumentando que sólo es posible si no se da una tercera posibilidad, «Tertium Non Datur».
[5] Es una manera de razonamiento deductivo, que consta de dos premisas y una conclusión
[6] Este principio establece que cada proposición tiene un valor de verdad, asignando en principio tres valores: verdadero (1), falso (2) e indeterminado (0.5).
[7] En 1973, Kaufmann escribe el primer libro sobre la matemáticas de la incertidumbre denominado *Introduction a la theorie des sous-ensembles flous*, vol. 1. Masson, París.

2.5 *Lógica multivalente. Lógica Borrosa*

La lógica multivalente, afirma Klimova (2009), es el antecedente de la lógica borrosa y la Teoría de los Efectos Olvidados. Es la más antigua de las reformulaciones de la lógica clásica. Su construcción se genera a partir de la idea central de la existencia de un espacio de delimitación entre la verdad completa y la falsedad completa.

Lukasiewicz (1910) introduce el primer sistema de lógica multivalente. Brinda proposiciones con un valor lógico de verdad que puede interpretarse como la posibilidad y representa con un ½. Al utilizar la tabla de verdad ternaria, y considerando que al establecer υ como una valoración, se presupone que, además de valorar las proposiciones *p* y *q*, valora todas las proposiciones existentes, por lo menos del elemento considerado. Logra, entre otras, las siguientes conclusiones:

Se tienen sistema de lógica multivalente cada vez que se consideran valoraciones $\upsilon : P \to [0,1]$ de manera que $\upsilon : P \in [0,1]$ refleje el «grado de verdad» de la proposición.

La lógica será *finitamente multivalente* si υ (P) es finito (como sucede en los casos trivalentes), o será *infinitamente multivalente* si υ (P) es infinito.

Zadeh (1965) introduce[8] la Teoría de los Conjuntos Borrosos, cuyo objetivo es proporcionar las bases del razonamiento aproximado utilizando premisas imprecisas

[8] En realidad, el origen podría fijarse en 1922, cuando Lukasiewicz cuestionaba la lógica clásica booleana (valores cierto y falso) y proponía una lógica de valores ciertos en el intervalo unidad como generalización de su lógica trivaluada. En los años terinta fueron

como instrumento para formular el conocimiento. Con esta teoría, la lógica se cristaliza en un nuevo concepto que da consistencia al pensamiento subjetivo. Infiltra la lógica borrosa en los modelos y herramientas empleados para administrar de manera eficiente la incertidumbre.

La lógica borrosa es un universo de amplitud mayor, donde confluye con la lógica clásica booleana; en otras palabras, es una alternativa complementaria de la lógica discreta, ya que usa grados de pertenencia, en lugar de los valores binarios puntuales 0 o 1. Para comprenderla, Liern (2014:59) retoma un ejemplo extraído del *Pensamiento borroso*, de B.Kosko (1995):

> Sostén una manzana en la mano […] dale una mordida, mastica ese pedazo y trágalo. […] El objeto que tienes en la mano ¿es todavía una manzana? ¿Sí o no? Pégale otra mordida. El nuevo objeto ¿es todavía una manzana? […] La manzana pasa de serlo a no serlo, y a ser nada. Pero, ¿cuándo pasa la línea que separa de ser manzana a no serlo? Cuando tienes media manzana en la mano, tienes tanto una manzana como no la tienes. La media manzana es una manzana borrosa, gris entre el blanco y el negro. La borrosidad es grisura. Entre el blanco y el negro, existen tonalidades que representan los grados de verdad. Un grado de pertenencia 0 se interpreta como no pertenencia, el 1 como pertenencia en el sentido booleano y los números intermedios reflejan una pertenencia incierta, que será interpretado de diversos modos según cada aplicación.

El arribo a la conceptualización de la lógica borrosa está precedido por una serie de esfuerzos, cuyas aportaciones generan condiciones para posicionar el pensamiento borroso en la solución de situaciones inciertas. Hay pocos eventos que pueden

propuestas lógicas multivaluadas para un número cualquiera de valores ciertos (igual o mayor que 2), identificados por números racionales en el intervalo [0,1].

clasificarse estrictamente como verdaderos o falsos; todos se manifiestan según un grado de pertenencia. La borrosidad significa multivalencia, donde todo es cuestión de grado, incluidas verdad y falsedad en su pertenencia a un conjunto (Zadeh, 1965; Kaumann y Gil Aluja (1986); Gil Aluja (1996); Gil Aluja, 1999; Barcellos, 2010).

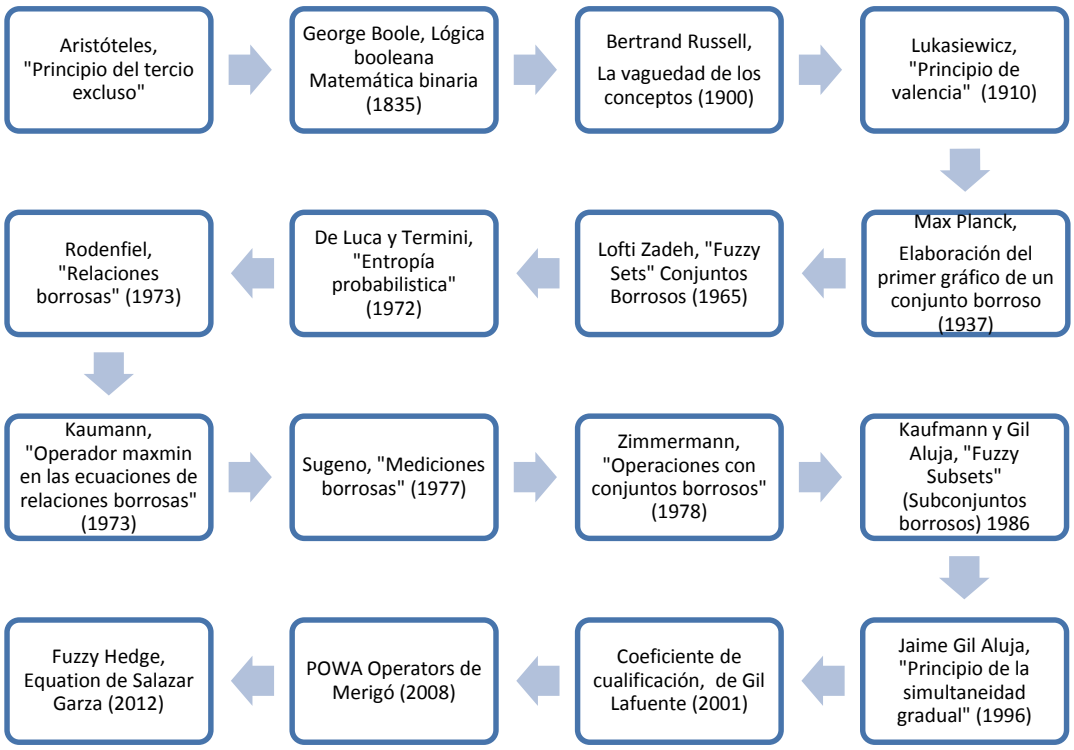


Figura 2.3 Cronología de la Lógica Multivalente y la Lógica Borrosa.

Elaboración propia.

2.6 Subconjuntos borrosos

Son definidos por Lofti Zadeh (1965), de la siguiente manera: un conjunto borroso (clase) *A* en *X* está caracterizado por una función característica de pertenencia $fA\ (x)$,

la cual lo asocia con cada punto de *X* en un intervalo de números reales $[0,1]$ con el valor de $fA\ (x)$ en χ representa el grado de pertenencia de χ en A. Cuando A es un conjunto en el sentido ordinario del término, su función de pertenencia puede tomar sólo dos valores 0 y 1, lo que indica si pertenecen o no a A.

Un conjunto clásico ordinario booleano asigna el valor 0 o 1 a cada elemento para indicar la pertenencia o no a dicho conjunto. Esta función, denominada función característica de pertenencia, apunta Liern (2014), puede generalizarse de manera que los valores asignados a los elementos del conjunto caigan en un rango particular que suele ser el intervalo [0,1]; con ello, indican el *grado de pertenencia* de los elementos al conjunto en cuestión y estructuran los conjuntos borrosos, cuya idea principal, señalan Kaufmann y Gil Aluja (1987), es que el pensamiento humano utiliza etiquetas lingüísticas que permiten que los objetos puedan pertenecer a una clase y a otra de una forma suave y flexible.

De acuerdo con Kaufmann y Gil Aluja (1987), toda colección de objetos bien definidos y distintos entre sí es considerada conjunto. Éstos pueden clasificarse de acuerdo con cierta característica: la factibilidad de cuantificación; por tanto, hay conjuntos contables, no contables, finitos e infinitos. Por lo general, un conjunto se presenta de la siguiente manera:

$$E = \{a,b,c,d,e,f\}$$

En donde $\{a,b,c,d,e,f\},$ son los elementos del conjunto E .

En la literatura clásica, la representación de un conjunto se da de la siguiente manera:

$$E = \begin{matrix} a & b & c & d & e & f \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{matrix}$$

Dada otra característica, pueden seleccionarse del mismo conjunto los elementos que la posean; por tanto, formarán un subconjunto, quedando de la siguiente manera:

$$E = \{a, c, e\}$$

También…

$$E = \begin{matrix} a & b & c & d & e & f \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{matrix}$$

Se asigna 1 si posee la propiedad y 0 si no la tiene.

De tal manera que el subconjunto *A* de *E* puede presentarse como un conjunto de pares ordenados, tanto como los elementos de *E*, cuyos primeros componentes son los elementos de *E* y los segundos los valores de la función característica.

$$A \subset E \rightarrow A = \{x; \mu_A(x)\} \ \forall x \in A$$

$$\mu_A(x) \rightarrow \begin{cases} 1 & si \;\; x \in A \\ 0 & si \;\; x \notin A \end{cases}$$

Con proposiciones definidas y diferenciadas entre sí, no hay inconveniente para definir un conjunto. Sin embargo, las situaciones no son tan claras como se esperaría. Para lograr un mejor reflejo de la realidad, se introduce la noción de subconjuntos borrosos (Kaufmann y Gil Aluja, 1986), de manera que la función característica de pertenencia $f_A = (x)$ pueda asumir valores no sólo en el conjunto $\{0,1\}$, sino en el segmento $[0,1]$.

$$\mu_{\tilde{A}} : E \rightarrow [0,1], \quad x \rightarrow \mu_{\tilde{A}}(x)$$

Se asigna un valor mayor cuanto más cumpla con la proposición o característica establecida. El subconjunto borroso se representa de la siguiente manera:

$$E = \begin{matrix} a & b & c & d & e & f \\ 0,2 & 0,5 & 1 & 0,9 & 1 & 0 \end{matrix}$$

$$\tilde{A} = [(x; \mu_{\tilde{A}}(x))] \quad \forall x \in E$$

Siendo $\mu_{\tilde{A}}(x)$ el grado de pertenencia de x a $\tilde{A}$ y $[0,1]$ el espacio de pertenencia.

2.7 Relaciones borrosas: preorden y orden, semejanza o proximidad, similitud o equivalencia

Cuando se dispone de un par de conjuntos representados en un grafo en forma de matriz o sagitada, se tienen una relación $R(x,y)\ \ x,y,\in E$ generalmente el conjunto de conexiones establecidas entre los elementos de cada conjunto se manifiesta de diferente manera, lo que origina el surgimiento de propiedades que deben cumplirse para establecer el tipo de relación existente:

Reflexividad. Cuando se presenta el caso de matrices donde hay coincidencia entre filas y columnas en número y esencia, se tiene la diagonal principal llena de 1; esto resulta, en consecuencia, de la relación de un elemento de un conjunto $x \in E$ consigo mismo, es decir, $x \in E$ es total (Gil Aluja, 1999:44).

$$\forall \alpha_i \in E\ (i=1,2,...,n): \mu_{ai,aj} = 1\ si\ i = j$$

$$\mu_{ai,aj} \in [0,1],\ \ si\ i \neq j$$

Esto es válido en todos los contextos, tanto en las matrices borrosas rectangulares como en las matrices booleanas cuadradas. Una matriz borrosa quedaría de la manera como se muestra en la figura 2.4.

$\tilde{R} =$

	α_1	α_2	…	α_n
α_1	1	0	…	μ_{1n}
α_2	μ_{21}	1	…	μ_{2n}
…	…	…	1	…
α_n	0	μ_{n2}	…	1

Figura. 2.4 Relación borrosa en forma de matriz reflexiva.

Antisimetría. La relación entre dos elementos del referencial E da lugar, en determinados casos, a una cierta, pero no a una total reciprocidad, en el sentido de que cuando α_i está relacionada con α_j , también α_j está relacionada con α_i, y esto para todo *i, j* = 1, 2, …, *n,* el grado de intensidad de la relación no es el mismo, se puede escribir de la siguiente manera: $\forall_{ai,aj,} \in E, {}_{ai,} \neq_{aj}$; $\mu_{ai,aj} \neq \mu_{aj,ai}$. No se rompe la antisimetría, si cuando alguno de los valores de $\mu_{ai,aj}$ son iguales a cero, también los de $\mu_{aj,ai}$ son iguales a cero; es decir, $\mu_{ai,aj} = \mu_{aj,ai} = 0$. Esta característica es muy amplia y acumula una gran variedad de relaciones, aunque basta con que haya un solo caso en que $\mu_{ai,aj} = \mu_{aj,ai} \neq 0$ para que esto se rompa (Gil Aluja, 1999:46).

Esta antisimetría, a través de una matriz, se observa de la siguiente manera:

$\tilde{R}$ =

	α_1	α_2		α_n
α_1	μ_{11}	μ_{12}	…	0
α_2	μ_{21}	μ_{22}	…	μ_{2n}
…	…	…	…	…
α_n	0	μ_{n2}	…	0

Figura. 2.5 Relación borrosa en forma de matriz anti simétrica.

$$\mu_{ij} \in [0,1], (i, j = 1,2,...,n)$$

$$\mu_{ij} \, si \neq \mu_{ji} \; obien \; \mu_{ij} = \mu_{ji} = 0, \; i \neq j$$

Simétricas. Las relaciones simétricas entre elementos de un referencial son aquellas en las que la intensidad de la relación de α_i hacia α_j es la misma que la de α_j hacia α_i. Se escribe de la siguiente manera:

$$\forall ai, aj \in E, \; ai \neq aj; \mu_{ai,aj} = \mu_{aj,ai}$$

Se consideran excluidas de la condición las relaciones de los elementos consigo mismos, que puedan ser intensas, reducidas e incluso nulas. Matricialmente, se expresa así:

$\widetilde{R}$ =

	α_1	α_2		α_n
α_1	μ_{11}	μ_{12}	…	μ_{1n}
α_2	μ_{21}	0	…	0
…	…	…	…	…
α_n	0	0	…	0

Figura. 2.6 Relaciones borrosas en forma de matriz simétrica.

$$\mu_{ij} \in [0,1], (i, j = 1,2,...,n)$$

$$\mu_{ij} = \mu_{ji}$$

Transitividad. Este tipo de relación requiere por lo menos la intervención de tres elementos del referencial E. Si se consideran tres elementos del referencial E; ai, aj, ak de tal manera que ai tiene relación con aj, aj tiene relación con ak, ai tendrá relación con ak, entonces hay una relación de transitividad. Considerando esta relación de transitividad en la lógica borrosa, es conveniente suponer que la relación transitiva entre dos elementos $ai \ y \ ak$ puede tener lugar a través de todos los elementos del referencial, es decir, a través de $ai, \ j = 1,2,...,n$. Cada relación posee un grado en [0,1]; así, el grado de relación entre $ai \ y \ aj$ será $\mu_{ai,aj}$ y el de la relación entre $aj \ y \ ak$, será $\mu_{aj,ak}$, y así sucesivamente. La regla para que esta relación de transitividad no sea obstruida es que «las relaciones indirectas entre $aj \ y \ ak$ deben ser menores que las relaciones directas entre $ai \ y \ ak$», el nivel de relación directa viene dado por $\mu_{ai,ak}$ (Gil Aluja, 1999:57).

Para asegurar que las valuaciones indirectas sean menores a las directas, se opta por el valor mínimo de cada relación, $(\mu_{ai,a1} \wedge \mu_{a1,ak}),(\mu_{ai,a2} \wedge \mu_{a2,ak}),...,(\mu_{ai,an} \wedge \mu_{an,ak})$ proceso denominado *composición maxmin,* la expresión general que define la transitividad:

$$\forall ai, aj, ak \in E : \mu_{ai,ak} \geq \vee_{aj} (\mu_{ai,aj} \wedge \mu_{aj,ak}), \quad j = 1,2,....,n$$

Las relaciones entre los elementos de un referencial *E*; son de cuatro tipos, están determinadas por la presencia de algunas propiedades denominadas de preorden y

orden, de semejanza o proximidad y de similitud o equivalencia. Para cada tipo es necesario que cumplan las propiedades como se presentan en la tabla 2.3.

Tabla 2.3 Relaciones y sus propiedades

a. Relaciones de preorden y orden	b. Relaciones de semejanza o proximidad	c. Las relaciones de similitud (Zadeh, 1971)
Reflexividad	*Reflexividad*	*Reflexividad*
$\forall\ \alpha_i \in E\ (i = 1,2,\ldots, n)$: $\mu\alpha_{i,}\alpha_{j,} = 1$, sí $i = j$ $\mu\alpha_{i,}\alpha_j \in [0,1]$, sí $i \neq j$	$\forall\ \alpha_i \in E\ (i = 1,2,\ldots, n)$: $\mu\alpha_{i,}\alpha_{j,} = 1$, sí $i = j$ $\mu\alpha_{i,}\alpha_j \in [0,1]$, sí $i \neq j$	$\forall\ \alpha_i \in E\ (i = 1,2,\ldots, n)$: $\mu\alpha_{i,}\alpha_{j,} = 1$, sí $i = j$ $\mu\alpha_{i,}\alpha_j \in [0,1]$, sí $i \neq j$
Transitividad	*Simetría*	*Transitividad*
$\forall\ \alpha_{i,}\alpha_{j,}\alpha_k \in E\ (j = 1,2,\ldots, n)$: $\mu\alpha_{i,}\alpha_{k,} \geq \vee\alpha_j\ (\mu\alpha_{i,}\alpha_{j,} \wedge \mu\alpha_{j,}\alpha_k)$	$\forall\ \alpha_{i,}\alpha_{j,} \in E\ (i = 1,2,\ldots, n)$: $\mu\alpha_{i,}\alpha_{j,} = \mu\alpha_{j,}\alpha_{i,}$ sí $\alpha_{i,} \neq \alpha_j$	$\forall\ \alpha_{i,}\alpha_{j,}\alpha_k \in E\ (i = 1,2,\ldots, n)$: $\mu\alpha_{i,}\alpha_{k,} \geq \vee\alpha_j\ (\mu\alpha_{i,}\alpha_{j,} \wedge \mu\alpha_{j,}\alpha_k)$
Antisimetría		*Simetría*
(*) *Antisimetría* perfecta $\forall\ \alpha_{i,}\alpha_{j,} \in E\ \alpha_{i,} \neq \alpha_j : \mu_{ij} > 0 \Rightarrow \mu_{ji} = 0$ (*) *Antisimetría borrosa* $\forall\ \alpha_{i,}\alpha_{j,} \in E\ \alpha_{i,} \neq \alpha_j : \mu_{ij} \neq \mu_{ji}$ o bien $\mu_{ij} = \mu_{ji} = 0$		$\forall\ \alpha_{i,}\alpha_{j,} \in E\ (i = 1,2,\ldots, n)$: $\mu\alpha_{i,}\alpha_{j,} = \mu\alpha_{j,}\alpha_{i,}$ sí $\alpha_{i,} \neq \alpha_j$

Elaboración propia, con Información de Gil Aluja (1999).

En el primer caso, al no exigirse la propiedad de simetría, es factible proponer que haya una relación entre *ai y aj* no entre *aj y ai* lo cual permite cierto orden (Klimova, 2009). Dado que en una misma relación [$\widetilde{R}$] puede existir unos lazos con simetría y otros sin simetría, por lo cual no determinan ni similitud ni orden, son denominados de preorden (Gil Aluja, 1999).

Si a una relación de preorden se le impone la condición de antisimetría, aparece la relación de orden. De esta manera, se dice, hay una relación de orden cuando se cumplen las propiedades de reflexividad, transitividad y antisimetría.

Una relación de similitud está formada por una o varias subrelaciones de similitud que forman las «clases de similitud». Cuando las subrelaciones de similitud son máximas, pero no disjuntas, se conocen con el nombre de *subrelación máxima de similitud* (Klimova, 2009).

El análisis de los tipos de relaciones es de utilidad para entender el planteamiento matricial, que da consistencia al modelo de los efectos olvidados. En ellas se sustenta las relaciones entre los elementos que conforman las matrices de incidencia, utilizadas en el modelo.

2.8 Aplicaciones de la lógica borrosa

La aceptación por la comunidad científica de la aplicabilidad, de la teoría de los conjuntos borrosos, ha sido motivo de discusión durante muchos años. Por fortuna, en las últimas décadas, puntea Gil Aluja (1999), son más los científicos que han fortalecido este nuevo enfoque, aportando al conocimiento científico nuevos modelos y teorías para enfrentar la incertidumbre.

Zadeh, King-Su, Tanaka y Shimura (1975), establecen que en un conjunto borroso subyace gran parte de nuestra capacidad para resumir, comunicar y tomar decisiones en

condiciones inciertas, jugando un rol esencial, en el conocimiento humano, especialmente en la formación de conceptos, clasificación y razonamiento lógico.

Desde su aparición, se han encontrado aplicaciones en muy diversos campos que por su complejidad no es posible analizarlos con las técnicas convencionales. Por consiguiente, apuntan Zadeh et al. (1975), proporcionan una base para un enfoque sistemático de razonamiento aproximado y tienen un impacto sustancial, en especial en los campos de la psicología, economía, leyes, medicina, análisis de decisiones, recuperación de información e inteligencia artificial.

Los profundos cambios que suceden en la actividad empresarial, como consecuencia de las alteraciones en los sistemas económicos, validan la aplicación de la teoría de los conjuntos borrosos y, por supuesto, enfatiza Gil Aluja (1995), están consolidando una nueva forma de dirigir los estudios de gestión, que impacta la piedra angular sobre la toma de decisiones.

Desde la perspectiva del empirismo, se han resuelto diversos problemas aplicando modelos borrosos. Al respecto, Klimova (2009), enumera con gran acierto, las áreas de influencia.

1. Control Borroso en los procesos industriales
2. Sistemas de control y supervisión de procesos basados en conocimiento
3. Aplicaciones industriales de las técnicas borrosas en el control de calidad y mantenimiento

4. Robots móviles y navegación autónoma
5. La ingeniería civil, incluyendo la ingeniería sísmica
6. Creación de los modelos y análisis de datos en el ámbito ecológico
7. El ámbito espacial
8. Aplicaciones de las tecnologías neuronales y borrosas en la medicina
9. En el ámbito económico y empresarial. Nuevas estrategias para el análisis financiero y una política económica nueva en la empresa

La aplicación de los conceptos de la lógica borrosa tiene un lugar especial en la economía, por lo que se le ha considerado como una herramienta eficaz en la gestión y optimización de los recursos, con un elevado grado de fiabilidad en el pronóstico y error de la incertidumbre (Gil Aluja, 1999).

2.9 La Teoría de los Efectos Olvidados en la identificación de la exposición al riesgo cambiario

En su intento por examinar, explicar y resolver un problema en particular, los decisores frecuentemente incurren en errores u omisiones. Se puede hacer uso de sofisticadas tecnologías para paliar la falla humana. Los errores u omisiones, revelados en una exposición aumentada, advierten Kaufmann y Gil Aluja (1988), no son detectables de manera inmediata, pues, habitualmente, están ocultos y más nocivos, en virtud de que son efectos de una acumulación de causas.

Si todos los fenómenos y eventos que giran alrededor del ser humano forman parte de algún tipo de sistema o subsistema, entonces toda su actividad queda sometida a algún tipo de relación de incidencia, causa-efecto que lo hace susceptible a tanta información (Gil Lafuente y Barcellos de Paula, 2010). La inteligencia humana necesita apoyarse en herramientas y modelos, capaces de crear una base técnica, sobre la cual pueda trabajarse con la información disponible, contrastar con las obtenidas del entorno y aflorar todas las relaciones de causalidad directa e indirecta que se puedan desprender (Kaufmann y Gil Aluja, 1988).

El uso de modelos para detectar los elementos interpuestos que afectan las relaciones no son garantía para controlarlos y minimizarlos (Gil Lafuente y Barcellos de Paula, 2010). De ahí la exigencia de buscar nuevas variables, nuevas valuaciones y generar otros modelos.

A partir de problemas en que se plantean relaciones de impacto de un conjunto de expresiones sobre otro, o sobre sí mismo, surge el concepto *incidencia*, que puede ligarse al concepto de función comúnmente utilizado. Sin embargo, las incidencias se propagan en una red de encadenamientos en la cual se obvian muchas etapas; se olvidan conclusiones, originando los denominados efectos de segunda generación, cuya idea relativa, señalan Kaufmann y Gil Aluja (1988), se debe a Fourastié. La incidencia es un concepto eminentemente subjetivo y, como tal, difícil de cuantificar. Sin embargo, su atención permite entender la vida cotidiana, mejorar el desempeño razonado e influir en la toma de decisiones en todos los niveles de la gestión empresarial.

La incorporación de los efectos olvidados en la identificación de la exposición al riesgo cambiario, aseveran Gento, Lazzari y Machado (1999), permite detectar y cuantificar efectos de segunda generación, siendo de utilidad en el diseño de estrategias de medición o cobertura.

La estructura matemática del modelo, de acuerdo con Kaufmann y Gil Aluja (1988), es la siguiente.

Sea el conjunto discreto de causas identificadas:

$$C = \{c_1, c_2, c_3, \ldots, c_n\}$$

Que tienen una incidencia sobre otro conjunto de efectos identificados:

$$E = \{e_1, e_2, e_3, \ldots, e_m\}$$

Se puede decir que c_1 tiene una incidencia sobre e_1 si el valor de la función característica de pertenencia (Kaufmann y Gil Aluja 1988) (Gil Lafuente A. M (2001), del par (c_1, c_2) está valuado en $[0,1]$, es decir, el grado de incidencia de cada c_i sobre cada e_j se expresa a través de una función:

$$\mu : C * E \rightarrow [0,1]$$

De manera que

$$\forall(c_{i,}c_{j})\in C*E,\mu(c_{i,}e_{j})\in[0,1]$$

En ese sentido, se expresa que hay o no incidencia, de acuerdo con el valor de cada par establecido en cada casilla de la matriz; habrá incidencia si el valor es ≠ 0, pero si éste es = 0, entonces la incidencia está ausente. El conjunto de pares valuados de esta manera conforman lo que se llama *matriz de incidencia original*, la cual se denota como matriz $[CE]$.

Los resultados de estas valuaciones se pueden presentar a través de grafos, ya sea en forma de matriz o en forma sagitada.

CE =

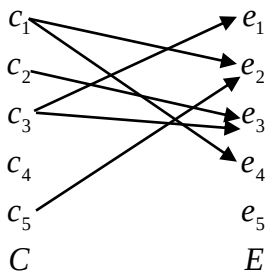
	e_1	e_2	e_3	e_4	e_n
c_1	1	μ_{12}	…	1	μ_{1n}
c_2	μ_{21}	μ_{22}	1	…	μ_{2n}
c_3	1	…	1	…	…
c_4	0	μ_{22}	…	…	μ_{4n}
C_5	μ_{51}	1	…	…	μ_{5n}
c_n	…	…	…	…	…

La matriz se puede leer de la siguiente manera:

$\mu(_{c1,e2})=1 \quad \mu(_{c1,e4})=1$

$\mu(_{c4,e1})=0$

Figura 2.7. Relación en forma matricial.



Grafo de incidencia: claramente se puede observar que c_4 no impacta a ningún elemento de E.

Figura 2.8 Relación en forma sagitada.

Si en la *matriz de incidencias* se cambia de ubicación filas por columnas, se obtiene la *matriz de influencias*. En el grafo sagitado será suficiente cambiar el sentido de las flechas para obtener el *grafo de influencias*.

De manera ordinaria, puede decirse que $c_n \in C$ tiene una influencia sobre $e_m \in E$ si el par $(c_{n,} e_m)$ tiene el valor = 1; en el caso de no incidencia, el valor será = 0. Es de suponer que cuando se solicita al experto valuar[9] la incidencia de C sobre E, en valores binarios como $(0 \ ó \ 1)$ encontrará cierta dificultad al tratar de expresar su apreciación, pues no siempre localizará la relación tan definida. Por tanto, se demuestra la conveniencia de emplear las matrices borrosas, utilizando los valores del rango $[0,1]$ que permiten al experto tener 11 opciones para evaluar la incidencia entre c_n y e_m .

[9] El concepto *valuación* se asimila a una asignación numérica realizada subjetivamente. La subjetividad es la característica que la diferencia de la noción de medida, de carácter eminentemente objetivo (Gil Aluja et al., 2004).

El análisis matricial de la incidencia, señalan Kaufmann y Gil Aluja (1993), se puede hacer con una sola matriz mediante un proceso de autoconvolusión,[10] el análisis se circunscribe a una incidencia de primer orden, pero al pretender conocer los efectos de segundo orden, entonces en el análisis deben contemplarse por lo menos tres matrices: $[CE]$, $[CC]$, $[EE]$.

Para conocer la incidencia de $[CE]$ sobre $[EE]$, conociendo la incidencia de $[CE]$ sobre $[CC]$, es necesario que las matrices observen la propiedad de la transitividad. Para asegurar la presencia de esta propiedad, se hace uso del modelo MAXMIN utilizando dos operadores: $(\vee)$ que significa máximo, el más grande de los números que se consideran, y $(\wedge)$ que significa mínimo, o sea, el más pequeño de los dos. El uso de este modelo garantiza la condición de la transitividad; el valor del par secundario es menor que el valor del par primario. Para definir la fórmula matemática que permite construir la matriz de efectos secundarios, es importante que las relaciones de pares se expresen de la siguiente manera: si la valuación de la casilla $(c_{1,}e_1)$ es = 0, se escribe $\mu(c_{1,}e_1)=0$, en donde μ es la valuación; de esa manera se procede con toda las filas de $(c_{1,}c_{2.}c_{3,...,}c_n)$. Una vez que se tienen las notaciones de cada casilla proporcionadas por el grupo de expertos, se realiza el procedimiento *maxmin* para conocer la valuación que se dará a cada casilla de la matriz $[M*]=[CE]\circ[CC]\circ[EE]$ (donde ^{o} denota la aplicación de la composición *maxmin*). La ecuación a partir de la que es posible estimar los valores de $[M*]$ es la siguiente:

[10] Se utiliza la operación matemática denominada composición maxmin, usando las filas y columnas de la misma matriz.

$$\mu(c_{1,}b_1)=(\mu(c_{1,}e_1)\wedge\mu(c_{1,}c_1))\vee(\mu(c_{1,}e_2)\wedge\mu(c_{1,}e_2))\vee(\mu(c_{1,}e_3)\wedge\mu(c_{1,}c_3))\vee(\mu(c_{1,}e_4)\wedge\mu(c_{1,}c_4))$$

$$=(0\wedge 0)\vee(1\wedge 0)\vee(0\wedge 1)\vee(0\wedge 1)$$

$$=(0)\vee(0)\vee(0)\vee(0)=0$$

$\mu(c_{1,}b_1)=0$, de esta la manera se encuentran los valores de cada casilla de la matriz $[M*]$

La fórmula general para este procedimiento se define así:

$$\mu(c_{n,}b_k)=\vee_m(\mu(c_{n,}e_m)\wedge\mu(e_{m,}b_k))$$

Hay una forma gráfica y visual para encontrar los valores de $[M*]$ a partir de las evaluaciones realizadas por el grupo de expertos en $[CE]$, $[CC]$, y $[EE]$. El método se denomina FICO, que consiste en confrontar una fila con la correspondiente columna de las matrices sujetas a convolución.[11]

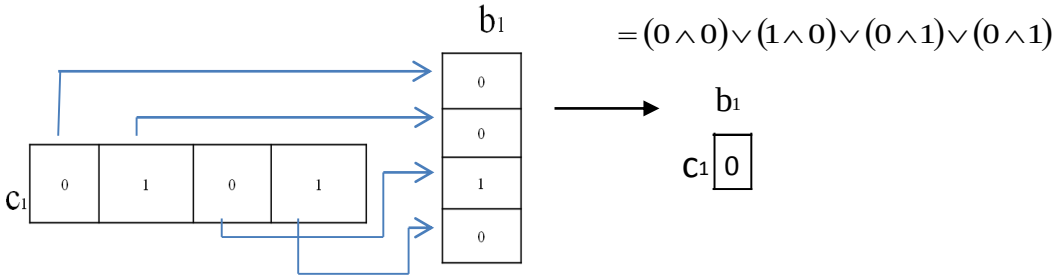


Figura 2.9. Aplicación del modelo FICO.
Kaufmann y Gil Aluja (1988).

[11] Operación matemática que permite conocer la incidencia del conjunto A sobre C, conociendo la incidencia de A sobre B y de B sobre C. Kaufmann y Gil Aluja (1988).

De igual manera, se procede con todas las filas y columnas, hasta llenar las casillas que conformen la matriz $[M*]$, llamada de efectos secundarios. Se emplea el mismo procedimiento cuando se trata de matrices borrosas, es decir, cuando la respuesta de los expertos no está expresado en términos binarios de $(0 \acute{o} 1)$, permitiendo mayor rango de libertad al poder expresar sus valuaciones con ciertos matices y definir la relación de los pares $(c_{n,}b_k)$ con valores ubicados entre $[0 \; y \; 1]$, utilizando el valor decimal que a su juicio considere adecuado. Las relaciones entre los conjuntos de variables en una matriz borrosa y un grafo sagitado se expresan como sigue:

$$\forall(c_{n,}b_k) \in M : v(c_{n,}b_k) \in [0,1]$$

$\tilde{CE}$ =

	e_1	e_2	e_3	e_4
c_1	.4	.6	.2	.8
c_2	.1	.2	.9	.3
c_3	.7	.5	0	.3
c_4	.2	.7	.6	.8
c_5	0	1	.4	.6

Figura 2.10 Matriz borrosa de incidencia.

Elaboración propia.

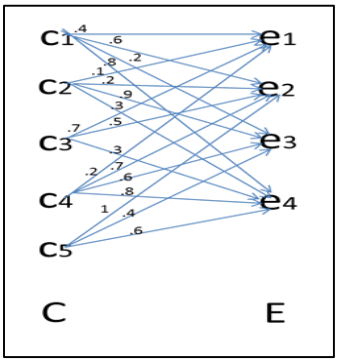


Figura 2.11. Grafo sagitado de incidencia.

Elaboración propia.

Cuando a los expertos se les pide evaluar relaciones entre entidades de dos conjuntos, por medio de valores entre $[0 \; y \; 1]$, postulan Kaufmann y Gil Aluja (1988), su consideración se encuentra matizada, lo que permite localizar niveles de verdad en la

noción de incidencia. Ante esa situación, se propone usar una escala semántica endecadaria, demostrada luego por Kaufmann y Gil Aluja (1989), la cual proporciona dos ventajas: la primera permite, mediante la transformación semántica, modificar fielmente las opiniones de los encuestados en valores numéricos; la segunda, debido a que está constituida por 11 valores [0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4,…1], admite una mejor adaptación y tratamiento de los conceptos analizados, ya que las personas están acostumbradas a pensar y trabajar en forma decimal (Luis Bassa, 2011), (Gil Lafuente & Luis Bassa, 2011). Cada nivel de esta escala es un grado de verdad o una función de pertenencia, como se aprecia en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Escala endecadaria con sus respectivas expresiones lingüísticas

Grado de verdad	Expresión lingüística
0	Sin incidencia
0,1	Prácticamente sin incidencia
0,2	Casi sin incidencia
0,3	Muy débil incidencia
0,4	Débil incidencia
0,5	Media incidencia
0,6	Considerable incidencia
0,7	Bastante incidencia
0,8	Fuerte incidencia
0,9	Muy fuerte incidencia
1	La mayor incidencia

Adaptada de Kauffman y Gil Aluja (1988).

Para detectar los efectos olvidados, es necesario separar los efectos acumulados que aparecen en la matriz $[M*]$, de los directos que aparecen en la matriz $[CE]$. Basta

con hacer una simple resta algebraica: $[M**]=[M*]-[CE]$ entonces, la matriz resultante $[M**]$ muestra los efectos olvidados.

Capítulo III. Decisiones teóricas metodológicas de la investigación

3.1 Introducción

Definir la manera en que se adquiere un conocimiento, o intentar encontrar uno nuevo, supone diversas cuestiones que integran el campo de la metodología. Se ha discutido sobre el proceso de adquisición del conocimiento. Sabino (1992) afirma que el problema radica en que la verdad no se muestra directa y llanamente, sino que debe ser buscada activamente.

Este apartado se enfoca a exteriorizar las decisiones metodológicas adoptadas para alcanzar los objetivos. Al precisar las ideas sobre la conceptualización teórica y metodológica, se detecta la pertinencia de abordar la investigación desde la perspectiva de una metodología fundamentada en la lógica borrosa a partir del uso de un modelo no numérico, denominado de los Efectos Olvidados. Esta necesidad demanda encuadrar el proceso de investigación desde los paradigmas cuantitativo y cualitativo, en la combinación que se define como metodología mixta.

No obstante, es necesario establecer con claridad el fundamento teórico en el que está soportada la decisión de enfocarlo desde la perspectiva mixta, por lo que, de manera sucinta, se abordan discusiones sobre experiencia y conocimiento, modelos y metodologías, modelación desde la lógica borrosa, modelos numéricos, modelos no numéricos y la estrategia metodológica y sus respectivas secciones.

3.2 Experiencia y conocimiento

David Hume (1748) argumenta que la única fuente del conocimiento verdadero es la experiencia de las impresiones. Ir más allá de éstas, argumenta Rodríguez Valls (1991), supone conjeturar acerca de su origen y cualquiera de esas conjeturas serán, a lo sumo, hipótesis plausibles, carentes de la certeza del conocimiento que la impresión tiene en sí misma.

Hay diversas interpretaciones acerca de la importancia de la experiencia en la producción del discernimiento. Sin duda, algunas presuponen la experiencia como la fuente del conocimiento; otras, optan por la abstracción como fuente generadora del saber. Al respecto, Bernaldo de Quiroz y Rodríguez (2004) expresan que la producción de conocimiento científico no es privativa de la práctica investigativa. Y concluyen que el modo en que se investiga y el modo en que se sistematiza es lo que da la garantía de lo que se produce.

En el mismo orden, Klimova (2009) afirma que ningún conocimiento humano es exclusivamente existencial. Por eso, la experiencia humana no es únicamente sensitiva, ni sólo existencial; está formada por una síntesis en la que ambas vertientes convergen en la manifestación de los sentidos y el descubrimiento del entendimiento.

Sin embargo, Bernaldo de Quiroz y Rodríguez (2004) abren un espacio a la «experiencia profesional», que sin ser un conocimiento necesariamente científico es una

interpretación y una explicación válida de la realidad. Aducen que sistematizarlo permitirá reflexionar, dar sustento y cientificidad.

En este sentido, abrir las puertas a la participación de los expertos en la generación del conocimiento, sostienen Kaufmann y Gil Aluja (1993), es un reto, pues obtener el mejor de los resultados de la opinión de los expertos no resulta tan fácil como pudiera suponerse; abusar de las medias, modas y la estadística, puede conducir a decisiones incorrectas. Por tanto, continúan Kaufmann y Gil Aluja (1993), la manera de agregar las opiniones próximas o alejadas de enfrentar la incertidumbre subjetiva, para dar lugar a la aparición de una cuasi certeza aceptada, es uno de los planteamientos más interesantes en la actualidad.

3.3 La formulación de modelos y metodología

Los modelos son la forma que toda teoría necesita para reflejarse, señala Klimova (2009), siendo éstos una serie de enunciados en los que se formulan.

Desde la perspectiva de Concari (2001), el modelo es una estructura supuesta, mientras que la teoría es el conjunto articulado de enunciados que describe la estructura. De manera convergente, se conceptualiza el modelo como la representación de una cosa o evento, por lo general incompleta, aproximada e inexacta, respecto a la forma en que los fenómenos se relacionan entre sí o con dependencia de la manera en que se desarrollan en el tiempo (Concari, 2001, Klimova, 2009).

3.4 La metodología de la investigación

Además de tener su foco en los procedimientos y técnicas para la recolección de la información, o en el procedimiento para analizar lo encontrado, la metodología, afirma Sabino (1992), involucra una serie de principios filosóficos sobre el mundo y la manera en que se percibe. Taylor y Bogdan (1987) la definen como la forma en que se enfocan los problemas y se buscan las respuestas.

En el terreno científico, autores como Taylor y Bogdan, (1987), Greene, Caracelli y Graham (1989), Stake (1995), Balcázar et al. (2005), Ramírez, Martínez y Nancy (2010), Tamayo, (2011), entre otros, han estudiado el paradigma *cualitativo*, evidenciando sus características y señalando sus desventajas. Por otra parte, Fernández (2002), Herrera (2008), Bernal (2010), Hernández, Fernández y Baptista (2010), Cooper y Schindler (2011), entre otros, han mostrado las virtudes del enfoque *cuantitativo,* puntualizando las conveniencias, características, exigencias de la metodología y los puntos de convergencia entre ellos. Greene, Caracelli y Graham (1989), argumentan que la realidad es una sola, siendo necesario descubrirla y conocerla.

No obstante, las características del quehacer científico han evolucionado y demandan formas menos ortodoxas en la práctica de la investigación, lo que ha permitido el uso de ambas metodologías (cualitativa y cuantitativa) en un mismo proceso, donde se conjuga la objetividad con la subjetividad. A ese proceso se le ha denominado metodología MIXTA. Al respecto, en los cenáculos científicos, afirma Gil Aluja (1999), un

buen número de propuestas que en diferentes sentidos convergen en dar un nuevo tratamiento a viejos problemas y a los que van surgiendo del complejo entramado de relaciones económicas y financieras. Cada una de estas propuestas pone de relieve ciertos aspectos que pretenden señalar los nuevos cauces por los cuales debe discurrir la actividad investigadora.

3.5 La modelación desde la lógica borrosa

La modelación, bajo la perspectiva de la lógica borrosa, responde a una condición impredecible. Trata de explicar las complejas realidades y fenómenos. Los modelos de corte probabilístico de la matemática tradicional, representados en la *metodología cuantitativa*, utilizan datos estadísticamente mesurables o construidos a partir de razonamientos que permiten aceptar a priori leyes de probabilidad. Sin embargo, puntualizan Kaufmann y Gil Aluja (1990), lo interesante de la aportación consiste en introducir modelos, bajo el supuesto de no utilizar leyes de probabilidad, en los cuales se privilegie la inclusión de la subjetividad, la imaginación creadora de espíritus flexibles y adaptativos (Gil Aluja, 1999), rescatando en parte lo estipulado en la *metodología cualitativa*. Sin embargo, es necesario ir más allá. Es importante no ceder en el campo de la rigurosidad y la exigencia. Para ello, debe recurrirse a crear nuevos enfoques, orientados básicamente en las propiedades definidas en la teoría de los subconjuntos borrosos y sus infinitas variantes (Kaufmann y Gil Aluja, 1990), por medio de los cuales, hoy día, se está promoviendo la convergencia entre objetividad y subjetividad.

En consecuencia, en lugar de partir de datos objetivos, surgidos de fenómenos pasados, impregnados de una «certeza» que no corresponde a la condición creciente de un mundo contemporáneo nebulosamente incierto (Gil Aluja, 1999), se utilizan informaciones subjetivas, pero aceptadas como razonables (se emplea la lógica MAXMIN, donde las hipótesis llamadas *blandas* (no mesurables) son contrastadas, tomando el máximo de los mínimos, como en la Teoría de Juegos.

La modelación, desde este enfoque, es consecuencia de un proceso de constantes intentos por construir una matemática a partir de la incipiente lógica multivalente. Tiene lugar primero el desarrollo de elementos numéricos, dando, después, origen a una nueva aritmética de la incertidumbre. De esta manera, apunta Klimova (2009), frente a los operadores *duros*, propios del mecanicismo y aptos para la manipulación de magnitudes objetivas, se incorporan otros operadores, considerados *blandos*, quienes ejercen una función central cuando se trata de amalgamar, de la mejor manera posible, elementos con una alta carga de subjetividad. Se antepone, pues, al operador suma-producto, el de convolusión maxmin.

De manera simultánea al desarrollo de los modelos basados en números inciertos, surgen planteamientos combinatorios que permiten formar un núcleo de conocimientos básicos con un contenido suficientemente unitario, y así poder hablar de la matemática no numérica de la incertidumbre. De esa forma, asevera Gil Aluja (1999), se expresan con mayor fidelidad los razonamientos de las lógicas multivalentes mediante la matemática numérica y no numérica de la incertidumbre. La incorporación de trabajos en el ámbito de la matemática pura, asegura, facilitan la construcción y disposición de

herramientas destinadas al tratamiento de las realidades contemporáneas, generalmente presentadas mediante modelos o algoritmos, amparados unos a otros por conocimientos sólidos en forma de teorías.

La transformación de los modelos tradicionales de carácter numérico al campo de la incertidumbre, basada en la sustitución de los números precisos por números inciertos, aumenta su eficacia en el tratamiento de la realidad. Sin embargo, en sí misma, afirma Gil Aluja (1999), esta transformación no es suficiente para abordar la compleja realidad del presente. Son los modelos inciertos, desarrollados a partir de los conceptos emergidos de la matemática no numérica, los que son capaces de llenar el vacío, cada vez más profundo, en el estudio de fenómenos que escapan, no sólo a la medición, sino también a la valuación, aun cuando ésta sea realizada por medio del más simple de los números inciertos (Gil Aluja, 1999). Es en esta categoría donde se inserta el modelo de los Efectos Olvidados, bajo el cual se desarrolla la investigación.

3.5.1 Modelos numéricos

La definición de *número borroso* es trascendente en el ámbito de la matemática numérica. Con ella, inicia el proceso de reivindicación de lo subjetivo en el conocimiento científico. Luego, a partir de la teoría de errores e intervalos de confianza, se dispone de un abanico de números inciertos, cuya característica principal es que son susceptibles de representar fenómenos a partir de estimaciones objetivas o subjetivas. En muchos casos, estos elementos son aptos para ser incorporados en modelos y algoritmos clásicos, sustituyendo el numero cierto por el incierto. De esta manera, postula Gil Aluja

(2000), basta un adecuado conocimiento de la aritmética de la incertidumbre, además de la investigación de operaciones, para definir instrumentos operativos inciertos.

La transformación de los modelos de carácter numérico al campo de la incertidumbre, basada en la sustitución de números precisos por inciertos, los hace más eficientes para el tratamiento de la realidad. Algunos de ellos, que utilizan la matemática numérica de la incertidumbre, son: Distancia, de R. W. Hamming (1950); Expertones, de Kaufmann (1987); Preferencias subjetivas, de Kaufmann y Gil Aluja (1987), OWA operators, de R. R. Yager (1988), además de POWA Operators, de Merigó (2008).

3.5.2 Modelos no numéricos

En paralelo al desarrollo de la matemática numérica de la incertidumbre, se realizan incursiones en el ámbito de la no numérica. Los modelos inciertos, desarrollados a partir de conceptos emergidos de la matemática no numérica, apunta Gil Aluja (1999), vienen a cubrir el vacío, cada vez más profundo, en el estudio de fenómenos que escapan no sólo a la medición, sino también a la valuación, aun cuando ésta sea realizada a través del más simple de los números inciertos. En la cohabitación de modelos numéricos o no numéricos, asevera, se transita a la supremacía de los no numéricos, como consecuencia de las crecientes complicaciones de acotar los fenómenos sociales, económicos y de gestión, en el proceso de toma de decisiones.

En la práctica, las decisiones establecen relaciones en un orden de prioridades, creciente o decreciente, las cuales constituyen los elementos centrales de la teoría de la

decisión bajo incertidumbre. Debido a la importancia de realizar de manera apropiada las relaciones, asignaciones, agrupaciones y la ordenación, también, por su flexibilidad y apertura para incluir la subjetividad de los decisores, se sugiere el uso de modelos no numéricos.

Tabla 3.1 Modelos no numéricos

Modelos o teorías	Elementos decisionales
-Teoría de los efectos olvidados (Kaufmann y Gil Aluja, 1988)	Tratamiento de las *relaciones* de primer y segundo orden a través de las relaciones de incidencia
-Algoritmo Húngaro (König, 1916)	Tradicionalmente empleado para la *asignación* o de afectación de un elemento sobre otro
-Teoría de clanes (Courtillot, 1973) -La teoría de las afinidades (Kaufmann y Gil Aluja, 1991)	Originalmente utilizado para el tratamiento formal de ficheros Ambos abordan el problema del *agrupamiento*
-Composición P. Latina* (Gil Aluja, 1991) -Coeficiente de adecuación (Gil Aluja, 1996) -Coeficiente de cualificación (Gil Lafuente, 2001)	Sin importar que los tres modelos tengan precisiones diferentes, son utilizados para resolver problemas de *ordenación* * "Secuencia Latina de la propiedad P"

Elaboración propia, con información de Gil Aluja (1999).

La flexibilidad de los modelos no numéricos, para aglutinar la subjetividad como una cuasi verdad, como lo expresa Gil Aluja (1999), brindan libertad para encontrar las relaciones existentes, siendo éstas una parte consustancial de la vida social, económica y de la actividad de las empresas. Afecta tanto a seres inteligentes, como a animales inferiores y objetos inanimados. Se trata de lo que comúnmente se denomina «objetos» físicos o mentales.

3.6 Estrategia metodológica

Se ha considerado que la metodología, señala Martínez (2004), es la selección de estrategias. De ahí que se acepte, advierte Quiroz (2003), que las estrategias metodológicas son las formas para lograr los objetivos. Con éstas, se amplían los horizontes de la realidad que se desea analizar.

Considerando las características del objeto de estudio y las condiciones de incertidumbre creciente en las que se desarrolla, se plantea utilizar un modelo no numérico denominado de los Efectos Olvidados; su aplicación demanda la participación del grupo de expertos, mediante la definición y valuación de dos conjuntos de variables, lo que implica la utilización de datos cualitativos y cuantitativos. En consecuencia, se hará uso de una metodología mixta.

Atendiendo la clasificación de Creswell y Plano-Clark (2007), hay cuatro tipos de métodos mixtos: de triangulación, imbricado, explicativo y exploratorio. Briones (2002) cataloga las metodologías en experimentales, cuasi experimentales, y no experimentales.

Por tanto, dados los rasgos de indagación del pensamiento de los colaboradores, el análisis matricial de las valuaciones y las relaciones de incidencia entre las variables utilizadas, el perfil de la investigación será exploratoria y no experimental.

3.7 Criterio de validez

De acuerdo con Rodríguez (2010), el concepto *validez* se concibe como el grado de exactitud de la medición. Es considerada como la característica que hace creíble el proyecto y evidente el rigor metodológico. Se aprecia desde las siguientes perspectivas:

Validez conceptual. Soportar suficientemente los datos y la información recabada monitoreando el proceso de recolección.

Soporte de procesos. Monitorear el procesamiento y análisis de los datos a través del uso de técnicas, modelos y software.

La investigación se lleva a cabo en tres etapas generales: la recolección, la evaluación y el procesamiento de la información.

En la primera etapa, la información recolectada se valida con la evidencia empírica de su implementación.

En la segunda, se desarrolla el conjunto de matrices de incidencia, que serán valuadas por el grupo de expertos, a partir de donde se pasa a la tercera etapa, procesando la información, desarrollando nuevas matrices, a través del operador denominado *maxmin*, que permite encontrar los resultados esperados y cuya validación se presenta al confrontarlos con las apreciaciones iniciales de los expertos.

3.8 Diseño de la investigación de campo

La esquematización del proceso de análisis del problema se realiza con el propósito de interpretarlo, entenderlo y explicar sus orígenes, causas y efectos, con la finalidad de predecir su ocurrencia, a través de la metodología definida. A partir del modelo de investigación, se conforma un esquema de seguimiento en las etapas que constituyen el proyecto, como se observan en las figuras siguientes:

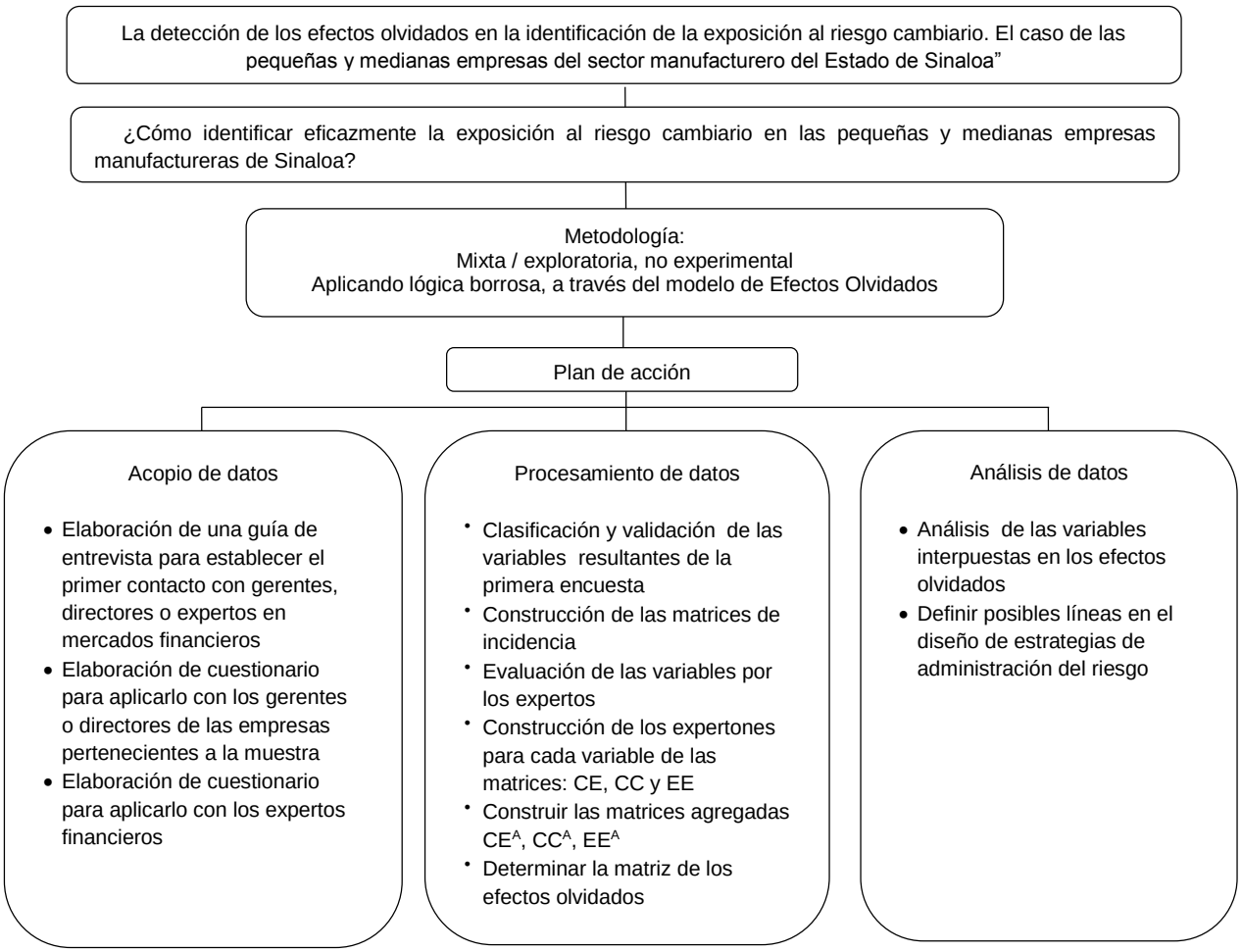


Figura 3.1 Modelo de diseño de la investigación de campo.

Elaboración propia (2013).

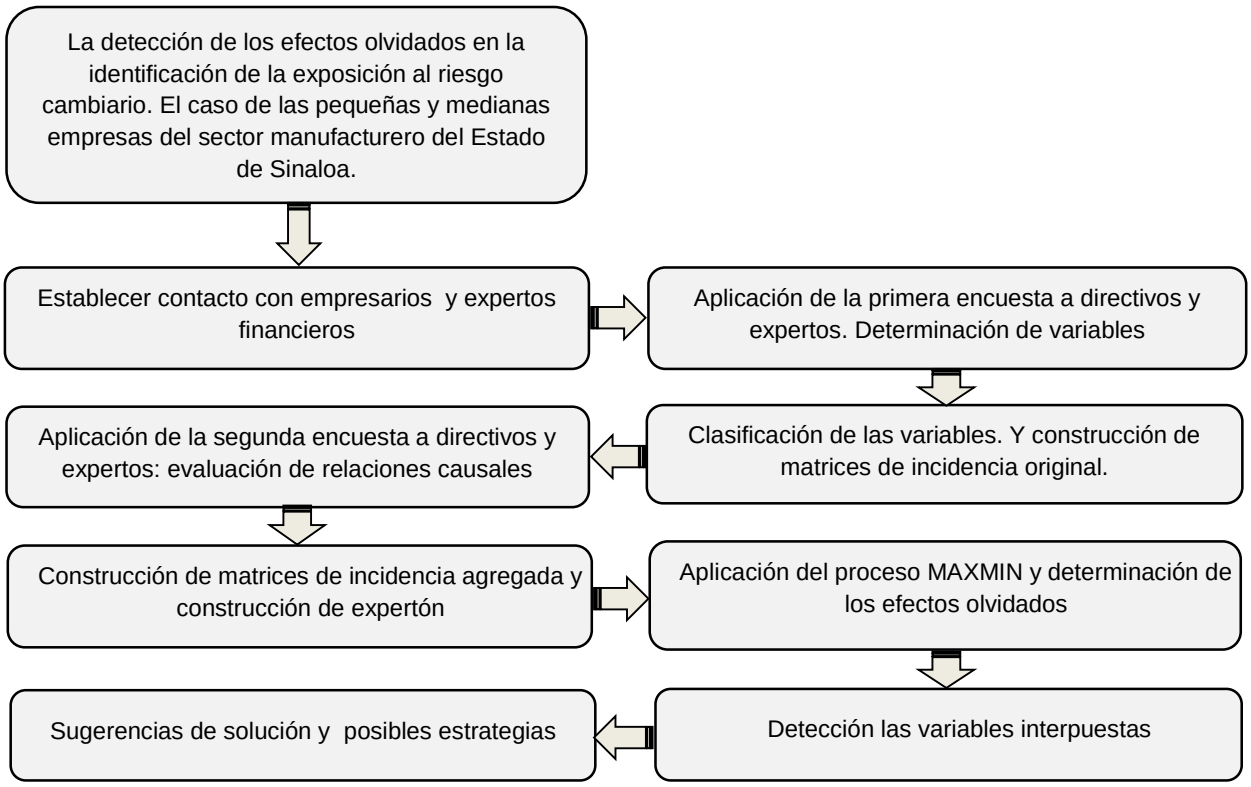


Diagrama 3.1. Esquema de seguimiento del proceso de investigación de campo.

Elaboración propia (2014).

3.8.1 Selección de la muestra

La determinación y cálculo de la muestra es un factor clave en cualquier investigación, sin importar qué estrategia metodológica se utilice. De acuerdo con Guillermo Briones (2002), las muestras se catalogan en: probabilísticas y no probabilísticas. En el caso de la investigación cuantitativa, se define usando técnicas y modelos estadísticos, mecanismo no aplicable en el caso de las no probabilísticas, pues no son muestras al azar (Rodríguez, 2010).

La implementación del modelo de los efectos olvidados demanda trabajar con grupos de expertos; por tanto, para este proyecto se optó por una muestra no-probabilística, del tipo de muestreo de informante clave, que consiste en seleccionar a personas que por su capacidad, experiencia, conocimiento y participación en la toma de decisiones, es imprescindible para la investigación. Este grupo lo integrarán directivos empresariales y ejecutivos financieros del conjunto de pymes manufactureras de Sinaloa y ejecutivos de instituciones financieras (ACTINVER, HSBC). La selección se realizó de manera determinística convencional.

Los criterios de inclusión fueron los siguientes:

Establecidas en Sinaloa.

Con antigüedad de operación al menos de cinco años.

Con participación con mercados nacionales e internacionales.

Que cumplan con el perfil de pymes definido por la Secretaría de Economía y divulgado en el Diario Oficial de la Federación (diciembre de 2009).

3.8.2 Recolección de información

La recolección de la información será con base en la aplicación de la técnica de la encuesta a través del cuestionario, como lo sugiere la metodología cuantitativa.

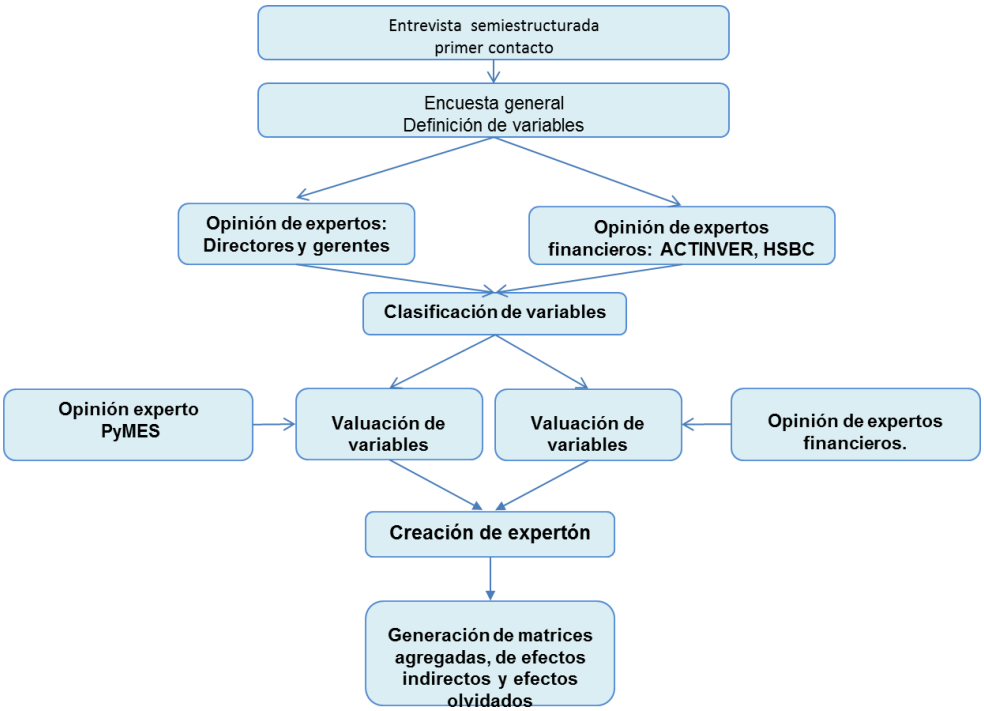


Figura 3.2 Modelo de recolección de información.

Elaboración propia (2013).

Respecto al modelo de recolección de datos, el primer contacto con el experto se estableció con la *entrevista*. En ella se generó el compromiso de colaboración y confidencialidad en el manejo de la información proporcionada.

Se aplicó un *cuestionario*, a partir del cual se generó la información necesaria para la construcción de matrices, así como la relación de variables que, a juicio de los expertos, determinan el nivel de exposición al riesgo cambiario que sufren las empresas.

La construcción de las matrices de incidencia Causa-Efecto (CE), Causa-Causa (CC) y Efecto-Efecto (EE), permitió hacer la segunda encuesta. En ella se pide a los

expertos que valúen la relación de incidencia entre el conjunto de variables utilizando una escala entre [0, 1], que represente el grado de verdad asignado a cada par relacional.

3.8.3 Técnicas de procesamiento de información

El procesamiento de la información se ha dividió en cuatro etapas. Inicia con la transcripción y concentración de la información proporcionada por cada experto. En la segunda se analizan las aportaciones de los expertos, se estructura la relación de variables causa-efecto, se identifican las coincidencias, así como el número de veces que cada variable fue mencionada por los expertos. En la tercera etapa se pide a los expertos que valúen el nivel de impacto que tienen las causas sobre los efectos, utilizando una escala semántica endecadaria, presentada por Kaufmann y Gil Aluja (1989). Ésta proporciona dos ventajas: en primer lugar, permite modificar fielmente las opiniones de los encuestados en valores numéricos. En segundo, facilita la mejor adaptación y tratamiento de los conceptos que se analizan, ya que las personas, señala Luis Bassa (2011), están acostumbradas a pensar y trabajar en forma decimal.

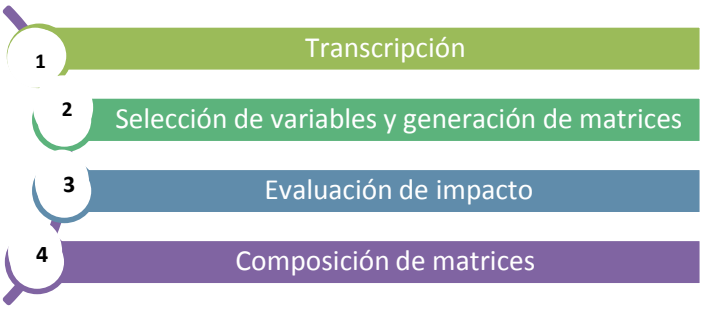


Figura 3.3. Modelo de procesamiento de información.
Elaboración propia (2014).

La etapa cuatro corresponde a la construcción del expertón,[12] cuyos resultados son utilizados para crear las matrices agregadas $\left[CE^{A}\right],\left[CC^{A}\right],\left[EE^{A}\right]$.

Tabla 3.2 Escala endecadaria para la valuación del nivel de incidencia

GRADO DE VERDAD	EXPRESIÓN LINGÜÍSTICA
0	Sin incidencia
0,1	Prácticamente sin incidencia
0,2	Casi sin incidencia
0,3	Muy débil incidencia
0,4	Débil incidencia
0,5	Media incidencia
0,6	Considerable incidencia
0,7	Bastante incidencia
0,8	Fuerte incidencia
0,9	Muy fuerte incidencia
1	Total incidencia

Kaufmann y Gil Aluja (1989).

El método de los expertones brinda la oportunidad de apreciar de manera precisa las tendencias en las valuaciones, identificando la distribución de las opiniones de los expertos en la zona baja, media o alta, respecto al intervalo [0 1].

Todo expertón posee la propiedad de la monotonía creciente horizontal no estricta; es decir, la función característica de pertenencia de pendiente positiva es menor o igual a la función característica de pertenencia de pendiente negativa. Además, todo expertón,

[12] Un *expertón* es el resultado de una agrupación de ideas de expertos, basadas en un tema que tenga borrosidad, incertidumbre o muchas posibles respuestas, dependiendo de las personas.

señala A. Kaufmann (1988), posee la propiedad de monotonía creciente vertical no estricta, salvo en el nivel 0 que en todas las ocasiones toma el valor de 1. Por tanto, se tiene lo siguiente:

1) $\forall \alpha \in [0, 1]: \alpha_1(a) \leq \alpha_2(a) en\ [\alpha_1(a), \alpha_2(a)]$

2) $\forall \alpha \alpha' \in [0, 1]: (a' > a) \Rightarrow (a_1(a)) \leq \alpha_1(a'), a_2(a) < a_2(a')$

3) $(a = 0) \Rightarrow (a_1(a) = 1,\ a_2(a) = 1)$

Posteriormente a la creación de las matrices agregadas, $[CE^{A}], [CC^{A}], [EE^{A}]$, se utilizó el software FuzzyLog.

3.9 *Análisis de información*

Este proceso da inicio a partir, de que se obtiene los resultados de la primera encuesta, al determinar las variables que se integrarán a las matrices, posterior a la valuación de los pares ordenados, utilizando el modelo de expertones, se agrega la información obtenida, generando las matrices agregadas, que al someterlas por un proceso de convolusión, se genera la matriz de efectos secundarios y se obtiene la matriz de resultados, se analizan los efectos olvidados, utilizando grafos sagitados, que permitieron establecer las direcciones de la incidencia, el grado de olvido y los elementos interpuestos, cuya atención es importante para establecer o restructurar estrategias eficientes en la disminución de la exposición al riesgo cambiario.

Capítulo IV. Resultados

4.1 Introducción

Como se ha puntualizado, en condiciones de alta incertidumbre los modelos formales que se basan en la precisión de los datos son inoperantes y no permiten disponer de la información exacta, por lo que es necesario, apunta Gil Aluja (2004), recurrir a la matemática de la incertidumbre, que logra dar cuasi certeza a los elementos de carácter subjetivo, cuyo origen se halla en la experiencia de las personas. Kaufmann y Gil Aluja (1993) afirman que la búsqueda de la verdad, siempre imperfecta, pero con el deseo permanente de conocerla mejor, constituye el «expertizaje».

La participación de los expertos, en el desarrollo de esta investigación, fue un elemento de gran importancia, como proveedores de la información, cuyo procesamiento permitió la aplicación del modelo no numérico de la matemática de la incertidumbre. El uso de los conjuntos borrosos, explican Kaufmann y Gil Aluja (1993), tienen como objetivo el tratamiento de datos y sistemas en los que una parte o la totalidad de elementos se conocen de manera incierta o subjetiva, como es el caso de la información proporcionada por el grupo de expertos.

El capítulo está orientado a describir el procedimiento de aplicación del modelo y a ofrecer evidencia de los resultados obtenidos en la detección de los elementos no considerados en la identificación de la exposición al riesgo cambiario. Los apartados incluidos son los siguientes: la exposición al riesgo desde la perspectiva de los expertos,

la definición del conjunto de variables, la construcción de las matrices de incidencia original $[CE],[CC],[EE]$, la construcción del expertón, la construcción de las matrices agregadas $\left[CE^{A}\right],\left[CC^{A}\right],\left[EE^{A}\right]$, las matrices de efectos secundario $[M*]$ y la matriz de efectos olvidados $[M**]$.

4.2 La exposición al riesgo cambiario, de las pequeñas y medianas empresas, del sector manufacturero sinaloenses, desde la perspectiva de los expertos.

De acuerdo con lo expresado por los expertos, la exposición al riesgo cambiario en un fenómeno que impacta de manera directa en la operación de las pequeñas y medianas empresas. En las entrevistas, señalaron la existencia de fenómenos que afectan y complican la operatividad de las firmas, entre otros, los siguientes:

La alta volatilidad en el valor del peso mexicano, ya que los obliga a detener proyectos, a posponerlos o, en su caso a realizarlos con una pérdida anunciada.

La globalización económica y financiera los obliga a tomar decisiones aventuradas, que en mucho de los casos ponen en riesgo la existencia de las empresas. Los efectos se muestran de manera distinta de acuerdo con el tipo y condición de la empresa.

El sesgo de los empresarios ante la exposición al riesgo cambiario por atender otros problemas, como operaciones logísticas, relación empresa-familia, procesos de sucesión, clima organizacional, crédito y cobranza, entre otros.

La falta de capacitación financiera e información actualizada sobre los indicadores macroeconómicos les impide entender y gestionar la exposición al riesgo en tiempo y forma.

La exposición al riesgo cambiario en las empresas domésticas no financieras es un aspecto discutido en la literatura. Rodríguez (1979) y Doukas et al. (2003) afirman que las empresas multinacionales, las exportadoras y hasta las empresas domésticas, están expuestas al riesgo cambiario. Esta aseveración soporta lo observado por el grupo de expertos en la puntualización mostrada previamente. Rodriguez (1979) precisa que al margen de qué tipo de exposición se presente, los flujos de efectivos generados por transacciones, así como del valor de mercado, provoca ganancias o pérdidas cambiarias que afectan la cantidad de dinero disponible por las empresas. Por lo anterior, conviene teorizar los elementos que resulten en la investigación, con la finalidad de promover la cultura de la gestión del riesgo cambiario en el sector empresarial objeto de estudio.

4.3 Definición de variables

Kaufmann y Gil Aluja (1993) afirman que el punto de partida en todo expertizaje es la comparación, a través del conocimiento abstracto o concreto. Por lo general, se recurre a expertos cuando se trata de tomar ciertas decisiones importantes, lo que obliga a hacer comparaciones, agregaciones y conocer la aceptación o rechazo de tales o cuales proposiciones.

Acorde con lo anterior, se recurre a un grupo de expertos, constituido por los representantes de siete empresas manufactureras de diferentes ramas industriales: la alimenticia, de estructuras metálicas, mueblera, de seguridad y señalamientos viales y de impresos; dos ejecutivos financieros pertenecientes a instituciones bancarias, como Actinver y HSBC, y un consultor independiente. Como se aprecia en el tabla 4.1, la constitución del grupo está caracterizada por la diversidad de industrias, condición que le da cierto grado de complementariedad.

Tabla 4.1 Empresas consideradas en la muestra

Experto	Tipo de industria	Puesto del experto	Ubicación
1	Seguridad y señalamientos viales	Director general	Culiacán Sinaloa
2	Estructuras metálicas	Director general	Culiacán Sinaloa
3	Alimentos	Gerente general	Culiacán Sinaloa
4	Alimentos	Director general	Salvador Alvarado, Sinaloa
5	Soluciones gráficas	Subdirector operativo	Culiacán Sinaloa
6	Muebles	Director general	Culiacán Sinaloa
7	Confección de uniformes	Gerente	Ahome Sinaloa
8	Banca empresarial	Subdirector regional	Culiacán Sinaloa
9	Casa de bolsa	Ejecutivo financiero	Culiacán Sinaloa
10	Consultor independiente	Consultor	Culiacán Sinaloa

Elaboración propia (2014).

Como resultado de la realización de la entrevista y la aplicación de las encuestas, se obtuvo una relación de elementos, considerados como determinantes de la exposición al riesgo cambiario. Partiendo de la precisión realizada por el grupo de expertos, la información obtenida se clasificó en dos conjuntos: uno denominado CAUSAS, y otro

EFECTOS, utilizados para construir las matrices de incidencia directa, formando el plano cartesiano $(C * E)$.

En adelante, se utiliza la notación c_i para las CAUSAS $i = 1, 2, 3, ..., 21$. Y la notación e_j para los EFECTOS $j = 1, 2, 3, ..., 21_j$, como se muestra en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Variables propuestas por el grupo de expertos

	Causas		Efectos
c_1	Política económica	e_1	Contracción de la demanda
c_2	Altos costos materia prima	e_2	Disminución de ingresos
c_3	Importación de materia prima	e_3	Incremento en costos
c_4	Inestabilidad de economía internacional	e_4	Incremento de inventarios
c_5	Falta de información	e_5	Desempleo
c_6	Inflación	e_6	Disminución de producción
c_7	Globalización	e_7	Problemas presupuestales
c_8	Variación de las tasas de interés	e_8	Inestabilidad de precios
c_9	Empresas transnacionales	e_9	Riesgo de quiebra
c_{10}	Falta de cultura de protección	e_{10}	Mala recuperación de cartera
c_{11}	Financiamientos en divisas	e_{11}	Inseguridad social
c_{12}	Inversiones en el extranjero	e_{12}	Costos adicionales en cobertura
c_{13}	Mala planeación financiera	e_{13}	Problemas en la toma de decisiones
c_{14}	Precio del petróleo	e_{14}	Escasez de materia prima
c_{15}	Actitud del empresario	e_{15}	Especulación
c_{16}	Comercio informal	e_{16}	Disminución de la inversión
c_{17}	Contratos sin cláusulas de protección	e_{17}	Incapacidad de pago
c_{18}	Cuentas por cobrar en divisas	e_{18}	Incremento de deuda (pesos/dólar)
c_{19}	Falta de capacidad financiera	e_{19}	Inflación
c_{20}	Fluctuaciones de otras divisas	e_{20}	Problemas laborales
c_{21}	Impuestos	e_{21}	Reingeniería de compra/venta

Elaboración propia.

Aunque de manera natural la divergencia se hace presente, cuando de opiniones se trata, la información proporcionada por cada uno de los expertos no fue la excepción. No obstante, fueron convergentes en la proposición de algunos elementos que sobresalieron sobre el resto. Para verificar el grado de concordancia, se realizó una estadística simple, a partir del número de menciones obtenidas por cada variable, registrando la frecuencia de aparición. Lo anterior permitió identificar las proposiciones de mayor presencia en el grupo de expertos; al dividir el número de menciones entre la cantidad de expertos encuestados, se arriba a lo que se ha definido como porcentaje de aceptación.

Tabla 4.3 «Precomposición»: variables y porcentajes de aceptación

	Variables	Experto 1	Experto 2	Experto3	Experto 4	Experto 5	Experto 6	Experto 7	Experto 8	Experto 9	Experto 10	Votos	%
c_1	Política económica	X	X	X	X	X	X	X	X			8	.80
c_2	Altos costos materia prima	X		X	X	X	X					5	.50
c_3	Importación de materia prima	X	X		X			X	X	X		6	.60
c_4	Inestabilidad de economía internacional	X	X			X	X		X			5	.50
c_5	Falta de información			X		X	X	X	X			5	.50
c_6	Inflación	X					X	X	X		X	5	.50
e_1	Contracción de la demanda	X	X	X	X	X	X		X		X	8	.80
e_2	Disminución de ingresos	X		X	X	X		X	X	X		7	.70
e_3	Incremento en costos	X	X	X			X			X	X	6	.60
e_4	Incremento de inventarios		X	X		X	X			X		5	.50
e_5	Desempleo	X	X			X		X	X			5	.50
e_6	Disminución de producción	X	X			X		X	X			5	.50

Elaboración propia (2014).

Conocer el porcentaje de aceptación para cada variable permitió tener una visión previa, denominada «pre-composición».[13] Con ésta se detectan las variables que los expertos consideran influyentes en el grado de la exposición al riesgo cambiario que enfrentan las pequeñas y medianas empresas. En este aspecto no se utiliza técnica estadística alguna, aunque resulta muy cómodo desplazarse en los mecanismos de la certeza. Sin embargo, señala Gil Lafuente (1993), éstos resultan inoperantes cuando la realidad se desvía de lo planeado. Por ello, se recurre a la frecuencia de menciones otorgadas por el grupo de expertos para cada variable, aceptando todo el nivel de subjetividad que esto representa. El porcentaje de aceptación fue considerado como factor decisivo para suponerlos como determinantes de la exposición.

Sin embargo, este porcentaje de aceptación no se consideró en el desarrollo matricial, pues se sometieron a valuación las 21 variables causa y efecto, al margen de cualquier condición de preferencia. Este proceso condujo a obtener una clasificación «post-composición»,[14] manifiesta en la matriz de resultados.

4.4 Construcción de matrices de incidencia original

A partir de la construcción de las matrices de incidencia $[CE],[CC],[EE]$, se solicitó a los expertos que valuaran la relación entre los pares ordenados que constituyen cada casilla de las respectivas matrices, utilizando la escala denominada «endecadaria» (tabla

[13] El término *pre-composición* se está utilizando para señalar que estos resultados no han sido sometidos al proceso de composición MAXMIN, que establece el análisis matricial en camino a definir los efectos secundarios.
[14] En este caso, el término se utiliza para los resultados del proceso de composición MAXMIN.

4.4), cuyos valores se encuentran en el rango [0 1], y de los cuales cada experto seleccionará y asignará a cada par ordenado, el que mayor cumpla con su percepción, de acuerdo con las expresiones lingüísticas relacionadas con cada valor. Las notaciones para cada matriz quedaron de la siguiente manera:

$$[CE]\ \mu(c_{1,}e_1),\mu(c_{1,}e_2),\mu(c_{1,}e_3),...,\mu(c_{n,}e_n),$$

$$[CC]\ \mu(c_{1,}c_1),\mu(c_{1,}c_2),\mu(c_{1,}c_3),...,\mu(c_{n,}c_n)$$

$$[EE]\ \mu(e_{1,}e_1),\mu(e_{1,}e_2),\mu(e_{1,}ce_3),...,\mu(e_{n,}e_n).$$

Donde μ representa el valor y $(c_1e_n),(c_1c_n),(e_1e_n),$ representan los pares ordenados de la matriz.

Tabla 4.4 Escala endecadaria con sus respectivas expresiones lingüísticas

Grado de verdad	Expresión lingüística
0	Sin incidencia
0,1	Prácticamente sin incidencia
0,2	Casi sin incidencia
0,3	Muy débil incidencia
0,4	Débil incidencia
0,5	Media incidencia
0,6	Considerable incidencia
0,7	Bastante incidencia
0,8	Fuerte incidencia
0,9	Muy fuerte incidencia
1	La mayor incidencia

Kaufmann y Gil Aluja (1989).

Se obtuvieron las valuaciones para cada una de las matrices $[CE],[CC],[EE]$. Según lo señalado por Kaufmann y Gil Aluja (1993), fue necesario un proceso de agregación que permitiera concentrar en una sola valuación las proposiciones del grupo de expertos, lo que originó las matrices agregadas de incidencia directa $\left[CE^{\mathrm{A}}\right],\left[CC^{\mathrm{A}}\right],\left[EE^{\mathrm{A}}\right]$. El proceso de agregación puede hacerse utilizando cualquier operador.[15] Sin embargo, se optó por utilizar la teoría de los expertones[16] (Kaufmann, 1988), generando un expertón para cada variable, como se muestra el ejemplo en la tabla 4.5.

Tabla 4.5 Expertón por cada variable

Frecuencia

(c1) Política económica	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12	e13	e14	e15	e16	e17	e18	e19	e20	e21
0	0	0	0	2	0	0	2	0	2	2	0	1	3	2	0	1	2	1	0	0	6
0.1	0	2	2	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	5	2	2	0	0	0	2	1
0.2	0	0	0	4	3	2	1	4	3	1	0	5	2	2	5	0	1	2	0	3	0
0.3	1	0	1	0	0	1	0	1	3	0	2	1	2	0	1	0	2	0	0	0	1
0.4	0	3	1	0	0	1	2	0	0	2	0	0	0	1	0	0	2	2	2	0	0
0.5	0	0	3	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	1	2	2	1	0	2	2
0.6	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0
0.7	3	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0
0.8	3	4	1	4	3	1	0	2	0	2	4	1	2	0	0	1	1	1	1	0	0
0.9	0	0	2	0	3	4	2	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	3	0	0
1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	0	0
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Frecuencia relativa

	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12	e13	e14	e15	e16	e17	e18	e19	e20	e21	
0	0	0	0	0.2	0	0	0.2	0	0.2	0.2	0	0.1	0.3	0.2	0	0.1	0.2	0.1	0	0	0.6	
0.1	0	0.2	0.2	0	0	0	0.2	0	0	0.1	0	0	0.1	0.5	0.2	0.2	0	0	0	0.2	0.1	
0.2	0	0	0	0.4	0.3	0.2	0.1	0.4	0.3	0.1	0	0.5	0.2	0.2	0.5	0	0.1	0.2	0	0.3	0	
0.3	0.1	0	0.1	0	0	0.1	0	0.1	0.3	0	0.2	0.1	0.2	0	0.1	0	0.2	0	0	0	0.1	
0.4	0	0.3	0.1	0	0	0.1	0.2	0	0	0.2	0	0	0	0.1	0	0	0.2	0.2	0.2	0	0	
0.5	0	0	0.3	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0	0	0	0	0.1	0.2	0.2	0.1	0	0.2	0.2	c1
0.6	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0	0	0.2	0	0	0.1	0.1	0	
0.7	0.3	0.1	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0.2	0	
0.8	0.3	0.4	0.1	0.4	0.3	0.1	0	0.2	0	0.2	0.4	0.1	0.2	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	
0.9	0	0	0.2	0	0.3	0.4	0.2	0.2	0	0	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0.2	0.3	0	0	
1	0.2	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0.1	0.3	0	0	

Frecuencia relativa acumulada / Expertón

	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12	e13	e14	e15	e16	e17	e18	e19	e20	e21
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.1	1	1	1	0.8	1	1	0.8	1	0.8	0.8	1	0.9	0.7	0.8	1	0.9	0.8	0.9	1	1	0.4
0.2	1	0.8	0.8	0.8	1	1	0.6	1	0.8	0.7	1	0.9	0.6	0.3	0.8	0.7	0.8	0.9	1	0.8	0.3
0.3	1	0.8	0.8	0.4	0.7	0.8	0.5	0.6	0.5	0.6	1	0.4	0.4	0.1	0.3	0.7	0.7	0.7	1	0.5	0.3
0.4	0.9	0.8	0.7	0.4	0.7	0.7	0.5	0.5	0.2	0.6	0.8	0.3	0.2	0.1	0.2	0.7	0.5	0.7	1	0.5	0.2
0.5	0.9	0.5	0.6	0.4	0.7	0.6	0.3	0.5	0.2	0.4	0.8	0.3	0.2	0	0.2	0.7	0.3	0.5	0.8	0.5	0.2
0.6	0.9	0.5	0.3	0.4	0.7	0.6	0.3	0.5	0	0.2	0.8	0.3	0.2	0	0.1	0.5	0.1	0.4	0.8	0.3	0
0.7	0.8	0.5	0.3	0.4	0.7	0.6	0.3	0.4	0	0.2	0.7	0.3	0.2	0	0.1	0.3	0.1	0.4	0.7	0.2	0
0.8	0.5	0.4	0.3	0.4	0.7	0.5	0.2	0.4	0	0.2	0.6	0.3	0.2	0	0	0.2	0.1	0.4	0.7	0	0
0.9	0.2	0	0.2	0	0.4	0.4	0.2	0.2	0	0	0.2	0.2	0	0	0	0.1	0	0.3	0.6	0	0
1	0.2	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0	0
	0.7	0.5	0.5	0.4	0.7	0.6	0.4	0.5	0.3	0.4	0.7	0.4	0.3	0.1	0.3	0.5	0.3	0.5	0.8	0.4	0.1

Elaboración propia.

Los valores arrojados por el expertón se integran a las filas que constituyen la matriz de incidencia directa, como se muestra en las tablas siguientes.

[15] Promedio simple, ponderado, media, mediana, moda.

[16] Un expertón es la generalización de la probabilidad cuando las probabilidades acumuladas son reemplazadas por intervalos monótonamente decrecientes (Kaufmann, 1988). El concepto teórico expertón puede describirse brevemente como sigue: Sea *C* un conjunto de decisiones (para este caso CAUSAS), se requiere que el grupo de expertos exprese su opinión subjetiva para cada elemento de *C* en la forma de una valuación con valores incluidos entre 0 y 1. $\forall c \in C$: $[\alpha^{j_*}(c), [\alpha_j^*(c)] \subset [0,1]$ El expertón está constituido por un intervalo, cuyo promedio entre el límite inferior y superior determina la posibilidad de selección de una opción.

Tabla 4.6 Matriz agregada Causa-Efecto (CE^A) de incidencia directa

Efectos / Causas	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12	e13	e14	e15	e16	e17	e18	e19	e20	e21
c1	0.7	0.5	0.5	0.4	0.7	0.6	0.4	0.6	0.3	0.4	0.7	0.6	0.4	0.3	0.4	0.6	0.4	0.7	0.7	0.5	0.3
c2	0.7	0.6	0.9	0.4	0.6	0.8	0.5	0.8	0.5	0.5	0.3	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.8	0.5	0.6
c3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.3	0.4	0.5	0.4	0.5	0.6	0.7	0.4	0.7
c4	0.6	0.6	0.7	0.4	0.6	0.5	0.4	0.7	0.4	0.3	0.5	0.8	0.5	0.6	0.6	0.7	0.5	0.7	0.7	0.4	0.6
c5	0.1	0.1	0.4	0.2	0.1	0.2	0.6	0.1	0.7	0.5	0.1	0.5	0.8	0.3	0.2	0.6	0.3	0.4	0.1	0.5	0.3
c6	0.4	0.5	0.4	0.2	0.7	0.6	0.2	0.5	0.6	0.3	0.5	0.6	0.5	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.7
c7	0.8	0.8	0.9	0.5	0.8	0.7	0.6	0.9	0.7	0.6	0.7	0.5	0.8	0.4	0.7	0.7	0.6	0.6	1.0	0.7	0.5
c8	0.5	0.5	0.6	0.2	0.4	0.6	0.5	0.7	0.5	0.6	0.4	0.6	0.6	0.4	0.8	0.8	0.6	0.6	0.7	0.4	0.4
c9	0.5	0.6	0.4	0.4	0.7	0.6	0.3	0.2	0.7	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.7	0.4	0.5	0.2	0.4	0.5
c10	0.1	0.3	0.6	0.2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.7	0.3	0.3	0.5	0.4	0.2	0.1	0.2	0.6	0.5	0.2	0.2	0.3
c11	0.2	0.3	0.6	0.1	0.1	0.2	0.5	0.3	0.4	0.3	0.1	0.7	0.4	0.3	0.2	0.5	0.5	0.8	0.3	0.1	0.4
c12	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.1	0.5	0.3	0.2	0.3	0.5	0.4	0.6	0.3	0.2	0.4
c13	0.3	0.6	0.7	0.5	0.5	0.7	0.8	0.2	0.6	0.6	0.3	0.6	0.7	0.3	0.3	0.6	0.8	0.7	0.3	0.6	0.4
c14	0.5	0.4	0.7	0.2	0.4	0.5	0.3	0.6	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.4	0.5	0.4	0.3	0.7	0.2	0.2
c15	0.2	0.4	0.3	0.2	0.4	0.3	0.6	0.1	0.6	0.5	0.2	0.3	0.6	0.1	0.3	0.5	0.6	0.6	0.2	0.5	0.4
c16	0.7	0.7	0.3	0.6	0.7	0.7	0.3	0.4	0.6	0.4	0.7	0.2	0.2	0.1	0.2	0.7	0.4	0.3	0.2	0.6	0.5
c17	0.0	0.2	0.4	0.1	0.1	0.1	0.4	0.2	0.6	0.3	0.1	0.7	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.6	0.1	0.2	0.1
c18	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.5	0.3	0.3	0.3	0.1	0.6	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2
c19	0.2	0.6	0.5	0.2	0.5	0.7	0.8	0.2	0.8	0.3	0.4	0.5	0.5	0.4	0.3	0.8	0.8	0.7	0.2	0.6	0.4
c20	0.4	0.5	0.5	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.3	0.3	0.1	0.7	0.4	0.3	0.4	0.6	0.4	0.6	0.5	0.2	0.6
c21	0.7	0.7	0.7	0.1	0.6	0.5	0.4	0.4	0.5	0.3	0.5	0.6	0.5	0.1	0.4	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.1

Elaboración propia (2014)

Tabla 4.7 Matriz de incidencia original Causa-Causa (CC^a)

Causas / Causas	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	c10	c11	c12	c13	c14	c15	c16	c17	c18	c19	c20	c21
c1	1.0	0.7	0.5	0.4	0.2	0.4	0.8	0.8	0.4	0.2	0.5	0.7	0.3	0.6	0.4	0.5	0.2	0.5	0.4	0.5	0.9
c2	0.3	1.0	0.8	0.4	0.2	0.2	0.9	0.5	0.3	0.2	0.4	0.5	0.3	0.3	0.2	0.4	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4
c3	0.4	0.7	1.0	0.6	0.2	0.6	0.5	0.5	0.6	0.3	0.8	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.2	0.3	0.7	0.4
c4	0.6	0.7	0.6	1.0	0.3	0.5	0.6	0.7	0.5	0.4	0.5	0.5	0.3	0.8	0.2	0.4	0.4	0.5	0.5	0.8	0.3
c5	0.3	0.3	0.2	0.3	1.0	0.2	0.3	0.3	0.2	0.6	0.4	0.2	0.8	0.2	0.6	0.3	0.5	0.2	0.3	0.1	0.1
c6	0.7	0.4	0.6	0.6	0.2	1.0	0.4	0.5	0.6	0.1	0.5	0.7	0.3	0.6	0.4	0.4	0.4	0.6	0.3	0.7	0.2
c7	0.7	0.9	0.5	0.4	0.2	0.3	1.0	0.8	0.5	0.2	0.5	0.4	0.3	0.6	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	0.5	0.5
c8	0.7	0.6	0.5	0.7	0.2	0.5	0.8	1.0	0.3	0.2	0.7	0.7	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.5	0.4	0.6	0.4
c9	0.4	0.4	0.6	0.4	0.2	0.5	0.4	0.3	1.0	0.2	0.8	0.8	0.2	0.5	0.3	0.4	0.4	0.7	0.2	0.6	0.5
c10	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	1.0	0.2	0.2	0.7	0.1	0.4	0.2	0.5	0.3	0.4	0.3	0.1
c11	0.4	0.4	0.7	0.3	0.2	0.5	0.3	0.6	0.8	0.2	1.0	0.8	0.3	0.2	0.3	0.1	0.3	0.4	0.3	0.6	0.3
c12	0.6	0.3	0.5	0.4	0.2	0.7	0.4	0.5	0.8	0.4	0.7	1.0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.3	0.5	0.3	0.6	0.5
c13	0.2	0.2	0.2	0.3	0.6	0.2	0.2	0.2	0.1	0.7	0.3	0.2	1.0	0.2	0.3	0.3	0.4	0.2	0.7	0.2	0.2
c14	0.8	0.7	0.5	0.7	0.2	0.7	0.8	0.6	0.6	0.2	0.4	0.4	0.2	1.0	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0.8	0.4
c15	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.3	0.2	0.3	0.3	0.7	0.3	0.3	0.6	0.1	1.0	0.4	0.5	0.3	0.4	0.2	0.2
c16	0.5	0.3	0.2	0.3	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.5	0.2	0.1	0.4	0.3	0.4	1.0	0.3	0.1	0.4	0.4	0.6
c17	0.4	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.4	0.7	0.4	0.5	0.5	0.3	0.5	0.2	1.0	0.3	0.2	0.2	0.1
c18	0.3	0.3	0.4	0.4	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.3	0.6	0.6	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	1.0	0.4	0.5	0.2
c19	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.2	0.5	0.1	0.4	0.3	0.2	0.3	1.0	0.3	0.3
c20	0.7	0.5	0.6	0.7	0.2	0.7	0.5	0.6	0.5	0.4	0.6	0.5	0.3	0.6	0.2	0.4	0.4	0.6	0.5	1.0	0.2
c21	0.6	0.6	0.5	0.3	0.1	0.2	0.5	0.3	0.5	0.2	0.2	0.5	0.3	0.3	0.3	0.5	0.1	0.2	0.4	0.1	1.0

Elaboración propia (2014).

Cuando hay una relación en la que las filas coinciden en número y esencia, con los elementos de las columnas, se tienen la diagonal principal llena de 1 (Gil Aluja, 1999), como se observa en las matrices 4.7 y 4.8; esto significa que la relación es total, y se manifiesta en la propiedad reflexiva. Adicional a lo anterior, se observa que la relación entre los elementos de $C\ y\ E$ da lugar en determinados casos a una cierta, pero no total reciprocidad, en el sentido de que cuando c_1 está relacionado con e_2, también e_2 está relacionado con c_1, pero el grado de intensidad de la relación no es el mismo, por lo que se presenta la propiedad de antisimetría. Dado que esta matriz se someterá al proceso de convolución *maxmin*, observa también la propiedad de transitividad; así, al presentarse estas tres propiedades, se establece una relación de orden.

Tabla 4.8 Matriz agregada de incidencia original Efecto-Efecto (EE[a])

Efectos / Efectos	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12	e13	e14	e15	e16	e17	e18	e19	e20	e21
e1	1.0	0.7	0.4	0.7	0.7	0.8	0.5	0.5	0.7	0.5	0.6	0.3	0.4	0.3	0.4	0.6	0.6	0.6	0.3	0.6	0.4
e2	0.8	1.0	0.5	0.7	0.5	0.6	0.5	0.4	0.6	0.5	0.5	0.2	0.4	0.1	0.3	0.6	0.8	0.7	0.2	0.6	0.4
e3	0.7	0.5	1.0	0.5	0.5	0.6	0.4	0.8	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.5	0.4	0.6	0.6	0.7	0.7	0.4	0.4
e4	0.3	0.5	0.5	1.0	0.4	0.6	0.3	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2	0.5	0.5	0.4	0.5	0.2	0.3	0.3
e5	0.7	0.6	0.2	0.2	1.0	0.6	0.3	0.2	0.5	0.5	0.7	0.2	0.3	0.3	0.2	0.7	0.6	0.4	0.2	0.6	0.1
e6	0.5	0.7	0.5	0.4	0.6	1.0	0.5	0.4	0.6	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.4	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.4
e7	0.3	0.4	0.4	0.2	0.2	0.3	1.0	0.2	0.5	0.3	0.4	0.4	0.6	0.3	0.3	0.7	0.6	0.7	0.4	0.6	0.5
e8	0.7	0.6	0.6	0.4	0.5	0.6	0.6	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.7	0.5	0.6	0.5	0.4
e9	0.4	0.4	0.5	0.4	0.3	0.5	0.5	0.3	1.0	0.5	0.4	0.3	0.5	0.2	0.3	0.5	0.5	0.7	0.3	0.6	0.2
e10	0.2	0.5	0.3	0.2	0.4	0.4	0.6	0.2	0.5	1.0	0.2	0.4	0.5	0.2	0.2	0.7	0.6	0.8	0.2	0.5	0.3
e11	0.5	0.4	0.5	0.3	0.4	0.3	0.2	0.4	0.5	0.4	1.0	0.3	0.6	0.3	0.1	0.6	0.4	0.4	0.3	0.6	0.2
e12	0.2	0.2	0.5	0.1	0.2	0.2	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	1.0	0.4	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.3	0.2	0.4
e13	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.6	0.4	0.6	0.5	0.4	0.6	1.0	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.3	0.5	0.3
e14	0.2	0.3	0.6	0.3	0.4	0.7	0.3	0.5	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	1.0	0.7	0.3	0.4	0.4	0.7	0.3	0.4
e15	0.3	0.4	0.7	0.6	0.2	0.3	0.4	0.6	0.3	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	1.0	0.4	0.3	0.3	0.7	0.3	0.3
e16	0.4	0.7	0.2	0.3	0.7	0.6	0.2	0.3	0.5	0.3	0.4	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0	0.3	0.2	0.4	0.4	0.2
e17	0.3	0.4	0.2	0.4	0.5	0.4	0.7	0.2	0.7	0.4	0.4	0.2	0.7	0.3	0.2	0.8	1.0	0.7	0.3	0.7	0.1
e18	0.3	0.3	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5	0.3	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.2	0.5	0.5	0.7	1.0	0.3	0.6	0.4
e19	0.6	0.6	0.7	0.5	0.7	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	0.7	0.4	0.4	0.5	0.4	0.7	0.7	0.7	1.0	0.7	0.5
e20	0.2	0.5	0.5	0.3	0.5	0.6	0.4	0.3	0.4	0.4	0.7	0.2	0.4	0.2	0.2	0.5	0.4	0.4	0.3	1.0	0.3
e21	0.4	0.3	0.2	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.4	0.4	0.3	0.4	0.2	0.4	0.2	0.2	1.0

Elaboración propia (2014).

Construidas las matrices agregadas $\left[CE^{A}\right],\left[CC^{A}\right],\left[EE^{A}\right]$, se implementó el proceso de composición *maxmin*, que permitió obtener la matriz de incidencias de segundo orden, es decir, las relaciones de incidencia indirecta.

$$\left[CE^{A}\right]\circ\left[CC^{A}\right]\circ\left[EE^{A}\right]=\left[M*\right] \quad (1)$$

El primer paso es convolusionar $\left[CE^{A}\right]\circ\left[CC^{A}\right]$[18], de donde surge [M]; para lograr lo anterior, se toma la primera fila de $\left[CE^{A}\right]$, y la primera columna de $\left[CC^{A}\right]$, se seleccionan el valor mínimo de los pares ordenados contrastados, representado por el operador ($\wedge$); paso seguido, se seleccionó el valor máximo representado por el operador ($\vee$). Este paso se realizó para cada uno de los pares representados en la matriz. Por ejemplo, $(c_{1,}e_{1}),(c_{1}e_{2}),(c_{1}e_{3}),...,(c_{1}e_{n})$ hasta completar la nueva matriz $[M]$.

El siguiente paso lo constituye la convolusión $\left[M\right]\circ\left[EE^{A}\right]$, de donde surge $[M*]$ (ecuación 1).

Realizar manualmente el procedimiento anterior demanda un gran esfuerzo e implica una serie de dificultades de operación con un alto riesgo de incurrir en errores. Por ello, se utilizó un programa computacional denominado FuzzyLog.[19] Su utilización

[17] [M*] es la matriz de efectos de segundo orden y acumula las incidencias directas e indirectas.
[18] Donde ^{o} significa la selección del valor máximo de los valores mínimos considerados.
[19] Es un programa de cálculo que permite elaborar y trabajar con modelos basados en matemática de la incertidumbre para recuperar los denominados Efectos Olvidados en las relaciones de causalidad. Los derechos de uso corresponden a la Dra. Ana María Gil Lafuente. <http://www.fuzzyeconomics.com/fuzzylog>.

representó la factibilidad del manejo de información en grandes cantidades, la virtual disminución del margen de error y la garantía de acceder a resultados certeros y expeditos.

4.5 Construcción de la matriz de efectos secundarios

Para obtener [M*], se captura las variables definidas como causas y las efectos; asimismo, los valores de cada par en la interfaz del programa FuzzyLog.

Figura 4.1. Causas y Efectos en el FuzzyLog.

<http://www.fuzzyeconomics.com/fuzzylog>.

Se procede a capturar las valuaciones agregadas de cada par ordenado en la interfaz del programa FuzzyLog.

Figura 4.2. Valores de las relaciones Causas - Efectos en FuzzyLog.

<http://www.fuzzyeconomics.com/fuzzylog>.

Capturados los valores, el sistema FuzzyLog genera las matrices, $[M], [M^*]$, a partir de siguiente fórmula general (2).

$$\mu(c_{n,}b_k)=\vee_m\left(\mu(c_{n,}e_m)\wedge\mu(e_{m,}b_k)\right) \quad (2)$$

Se obtienen los valores acumulados para cada par ordenado que compone la matriz.

Tabla 4.9 Matriz de efectos secundarios (M*)

Efectos / Causas	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12	e13	e14	e15	e16	e17	e18	e19	e20	e21
c1	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,6	0,8	0,7	0,5	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,9
c2	0,8	0,8	0,9	0,7	0,7	0,8	0,6	0,9	0,7	0,5	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,7	0,9	0,7	0,6
c3	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,5	0,7	0,7	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,6
c4	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6	0,5	0,7	0,8	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6
c5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,8	0,6	0,7	0,5	0,5	0,6	0,8	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5
c6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,5	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6
c7	0,8	0,8	0,9	0,7	0,7	0,8	0,6	0,9	0,7	0,5	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,7	1.0	0,7	0,6
c8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,5	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6
c9	0,6	0,7	0,6	0,5	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6	0,6
c10	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5
c11	0,6	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6	0,6
c12	0,6	0,7	0,6	0,5	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6
c13	0,6	0,7	0,6	0,5	0,7	0,7	0,8	0,6	0,7	0,5	0,5	0,6	0,7	0,5	0,5	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7	0,5
c14	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,6	0,8	0,7	0,5	0,7	0,8	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,6
c15	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5
c16	0,7	0,7	0,5	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,7	0,5	0,7	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,5	0,6	0,5
c17	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5
c18	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,7	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5
c19	0,5	0,7	0,6	0,5	0,7	0,7	0,8	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	0,8	0,7	0,7	0,5	0,7	0,5
c20	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,5	0,7	0,8	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6
c21	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6	0,5	0,7	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1.0

Elaboración propia utilizando, FuzzyLog (2014).

4.6 La matriz de resultados y la detección de los efectos olvidados

Una vez que se tiene la matriz de efectos indirectos, se procede a calcular $[M**]$, la cual representa la matriz de efectos olvidados. En otras palabras, a los efectos indirectos se les resta los efectos directos, con el objetivo de mostrar el grado de olvido que sufrieron los elementos no considerados en el primer análisis.

$$[M**] = [M*] - [CE^A] \qquad (3)$$

Tabla 4.10 Matriz de efectos olvidados

Efectos / Causas	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12	e13	e14	e15	e16	e17	e18	e19	e20	e21
c1	0,1	0,3	0,3	0,4	0.0	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0.0	0,3	0,1	0,2	0,2	0,4
c2	0,1	0,2	0,0	0,3	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,4	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1
c3	0,4	0,2	0,3	0,1	0,3	0,3	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,0	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0.0	0,3	0,0
c4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,0	0,2	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,2	0,0
c5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,1	0,5	0,0	0,1	0,5	0,0	0,0	0,2	0,2	0,1	0,4	0,3	0,6	0,3	0,2
c6	0,3	0,1	0,2	0,3	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0
c7	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0
c8	0,5	0,3	0,2	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,0	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,4	0,1	0,4	0,0
c9	0,2	0,1	0,0	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1
c10	0,1	0,0	0,2	0,2	0,0	0,1	0,1	0,3	0,0	0,3	0,2	0,4	0,3	0,4	0,3	0,0	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1
c11	0,5	0,3	0,1	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,0	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,0	0,1	0,4	0,4	0,2
c12	0,5	0,3	0,1	0,3	0,5	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,5	0,0	0,2	0,1	0,4	0,3	0,1	0,0	0,3	0,4	0,3
c13	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,2	0,3	0,6	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,2
c14	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3
c15	0,3	0,3	0,1	0,5	0,3	0,3	0,3	0,1	0,4	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,4	0,2	0,3	0,3	0,0	0,4	0,4
c16	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,1	0,4	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1
c17	0,1	0,2	0,4	0,2	0,3	0,2	0,1	0,0	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,0	0,3	0,4	0,3	0,3	0,1	0,3	0,1
c18	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3
c19	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,3	0,2	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2
c20	0,1	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,3	0,1	0,1	0,2	0,0	0,3	0,3	0,4	0,1	0,0	0,2	0,4	0,3	0,1	0,2
c21	0,5	0,3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,1	0,2	0,0	0,3	0,3	0,0	0,3	0,4	0,1	0,2	0,0	0,0	0,4	0,3	0,0

Elaboración propia, utilizando FuzzyLog (2014).

En $[M**]$, aparecen valores señalados con colores; representan los efectos olvidados, o incidencias soslayadas por el grupo de expertos, en el momento de realizar las valuaciones iniciales. En la tabla 4.11 se muestran por grado de olvido.

Tabla 4.11 Efectos con grado de olvido

Afectante	Afectada	Valor inicial	Valor acumulado	Valor olvidado
Falta de información	Inflación	$\mu i(c_5 \rightarrow e_{19}) = 0{,}2$	$\mu a(c_5 \rightarrow e_{19}) = 0{,}8$	$\mu o(c_5 \rightarrow e_{19}) = 0{,}6$
Mala planeación financiera	Riesgo de quiebra	$\mu i(c_{13} \rightarrow e_9) = 0{,}2$	$\mu a(c_{13} \rightarrow e_9) = 0{,}8$	$\mu o(c_{13} \rightarrow e_9) = 0{,}6$
Cuentas por cobrar en divisas	Desempleo	$\mu i(c_{18} \rightarrow e_5) = 0{,}3$	$\mu a(c_{18} \rightarrow e_5) = 0{,}8$	$\mu o(c_{18} \rightarrow e_5) = 0{,}5$
Actitud del empresario	Inseguridad social	$\mu i(c_{15} \rightarrow e_{11}) = 0{,}3$	$\mu a(c_{18} \rightarrow e_5) = 0{,}8$	$\mu o(c_{18} \rightarrow e_5) = 0{,}5$
Mala planeación financiera	Inseguridad social	$\mu i(c_{13} \rightarrow e_{11}) = 0{,}3$	$\mu a(c_{13} \rightarrow e_{11}) = 0{,}8$	$\mu o(c_{13} \rightarrow e_{11}) = 0{,}5$

Elaboración propia, 2014.

En la tabla 4.11 se aprecian en las dos primeras columnas las variables relacionadas, en la tercera aparece el valor inicial y en la cuarta el valor acumulado, después de realizar el proceso *maxmin,* para finalmente llegar al valor olvidado. Este procedimiento puede representarse con la siguiente ecuación:

$$\mu o(c_n \rightarrow e_m) = \mu a(c_n \rightarrow e_m) - \mu i(c_n \rightarrow e_m)$$

Mientras $\mu o(c_n \rightarrow e_m)$ esté más cerca del límite superior de [0, 1], significa que el grado de olvido es mayor; por tanto, es un elemento de importancia considerable en la formulación o reestructura de la estrategia de gestión del riesgo cambiario.

A continuación, se observa la relación pre-composición y la relación post-composición. La primera, como se señaló, procede de la apreciación *a priori* del grupo de expertos, mientras que la segunda emerge del proceso de composición *maxmin*. Evidentemente, existen diferencias, lo que confirma la presencia de olvidos en el momento de hacer las valuaciones.

Tabla 4.12 Variables con % de aceptación *vs.* Variables con grado de olvido

	Resultados precomposición		Resultados finales poscomposición
c_1	Política económica	c_5	Falta de información
c_2	Altos costos materia prima	c_{13}	Mala planeación financiera
c_3	Importación de materia prima	c_{18}	Cuentas por cobrar en divisas
c_4	Inestabilidad de economía internacional	c_{15}	Actitud del empresario
c_5	Falta de información	c_{13}	Mala planeación financiera
c_7	Inflación		

Elaboración propia.

En la tabla 4.13 se observa que las variables consideradas en la columna de la derecha no coinciden con los establecidos a la izquierda, constituida por los elementos con mayor porcentaje de aceptación en la pre-composición. Sin embargo, para verificar

que los elementos de la columna derecha son elementos olvidados, es importante establecer las rutas de incidencia para observar los elementos interpuestos, cuya consideración es de suma importancia en el momento de diseñar la estrategia de gestión.

4.7 Grafos de incidencia de elementos interpuestos

Se han encontrado efectos olvidados. No obstante, observan Gil Lafuente y Luis Bassa (2011), es importante representar las relaciones de manera sagitada con dos objetivos: el primero, conocer la ruta de incidencia y, el segundo, encontrar las variables de influencia intermedia que potencian y acumulan efectos en las relaciones de causalidad, y que al no atenderlas provocan que los programas de gestión de la exposición al riesgo que se diseñen sean inefectivos y costosos.

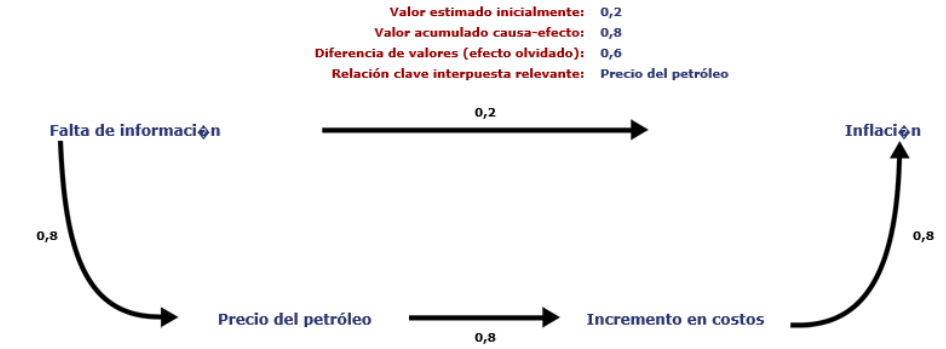


Figura 4.3 Falta de información-Inflación.

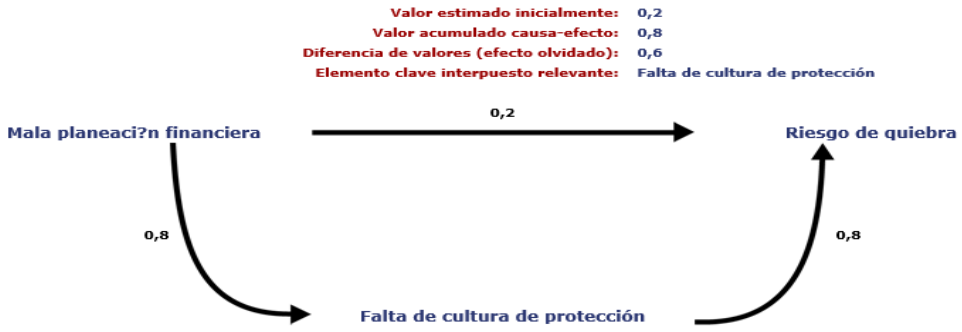


Figura 4.4 Mala Planeación Financiera-Riesgo de quiebra.

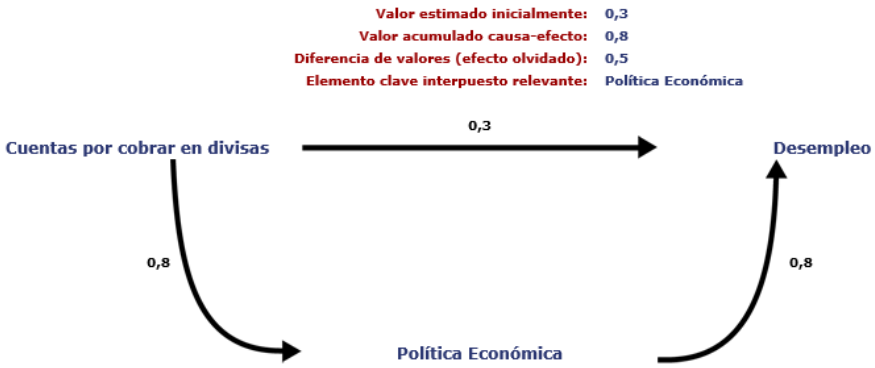


Figura 4.5 Cuentas por cobrar en divisas-desempleo.

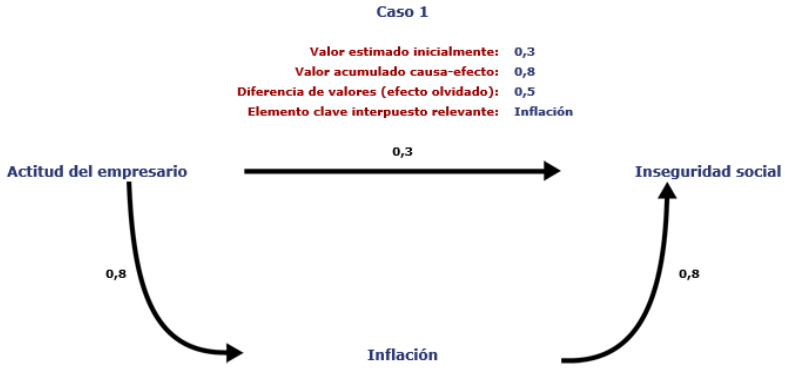


Figura 4.6 Actitud del empresario-inseguridad social.

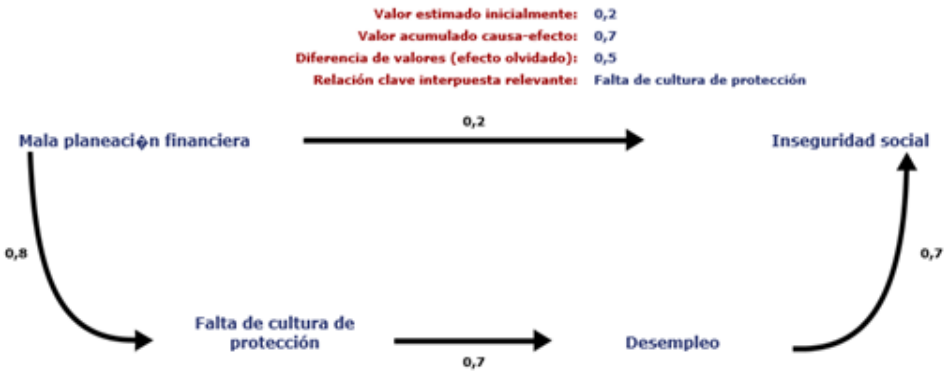


Figura 4.7 Mala planeación financiera – Inseguridad social

En cada una de las figuras aparece la descripción de la relación; se contrasta el valor inicial, que los expertos asignaron a cada par ordenado, con respecto al valor acumulado, y se establece la diferencia, que representa el grado de olvido; finalmente, se muestra el elemento interpuesto, cuya importancia estriba en su doble efecto: un obstáculo o una ventaja, para garantizar la eficacia de las estrategias de gestión. El primero, mientras permanezca oculto. Y el segundo, en el momento en que se identifique y los tomadores de decisiones lo contemplen en las estrategias de atención al problema de estudio, en este caso la exposición al riesgo cambiario.

Se observa un concentrado de los elementos interpuestos que aparecen en la relación de incidencia entre $\mu o(c_n \to e_m)$.

Tabla 4.13 Elementos interpuestos en el valor olvidado

Afectante	Interpuestas	Afectadas	Notación
Falta de información	-Precio del petróleo -Incremento en costos	Inflación	$(c_5 \to (c_{14} \to e_3) \to e_{19})$
Mala planeación financiera	-Falta de cultura de protección	Riesgo de quiebra	$(c_{13} \to (c_{10}) \to e_9)$
Cuentas por cobrar en divisas	-Política económica	Desempleo	$(c_{18} \to (c_1) \to e_5)$
Actitud del empresario	-Inflación	Inseguridad social	$(c_{15} \to (c_7) \to e_{11})$
Mala planeación financiera	-Falta de cultura de protección -Desempleo	Inseguridad social	$(c_{13} \to (c_{10} \to e_5) \to e_{11})$

Elaboración propia.

Capítulo V. Conclusiones y consideraciones finales

5.1 Introducción

En un pasado más o menos inmediato, apuntan Kaufmann y Gil Aluja (1987:461), «resultaba posible hacer estimaciones sobre magnitudes futuras tomando como referencia los datos que se disponía, al admitir que el contexto en el que desenvolvía no iba a variar sustancialmente».

Hoy día, la acelerada mutabilidad en las condiciones económicas, financieras y sociales, establece un clima de incertidumbre, que requiere un cambio de mentalidad en los tomadores de decisiones, para estar en posibilidades de enfrentar las condiciones inciertas y optimizar los resultados operacionales de manera eficiente.

En este apartado se presentan algunas conclusiones y recomendaciones a las que se arribó en el desarrollo de la investigación, la aplicación del modelo borroso y la revisión capitular del documento.

5.2 Análisis del marco contextual del problema de investigación

Hoy, las condiciones son virtualmente diferentes al pasado inmediato. Por ello, importa considerar la coexistencia de la objetividad y la subjetividad para solucionar los problemas más apremiantes en el mundo contemporáneo.

Se ha precisado que la economía mexicana sufre una creciente incertidumbre a partir de la modificación del Sistema de Breton Woods a principio de la década de los setenta y la adopción de la libre flotación del peso a mediados de los noventa. Bajo estas condiciones, se perciben dos problemas que evitan la práctica de la gestión de la exposición al riesgo cambiario.

Hay una franca resistencia a gestionar la exposición cambiaria.

Los modelos tradicionales, de pronóstico, medición y cobertura, no funcionan en condiciones de incertidumbre creciente.

Percibir estos problemas facilitó dirigir la investigación a la raíz del fenómeno para enfrentarlo desde dos posiciones: por un lado, promover la cultura de la protección; por otro, suscitar la utilización de modelos efectivos en condiciones de nula estabilidad. En este contexto, se fortalece la concepción del problema de estudio, estructurando de manera adecuada las interrogantes, objetivos e hipótesis que dieron congruencia al proyecto de investigación.

Detectar los efectos olvidados en el análisis de la exposición al riesgo cambiario presupone el cumplimiento de la interrogante central, del objetivo general y, por supuesto, de la hipótesis. Con ello se establecen las bases para diseñar estrategias efectivas en el control y disminución de la incertidumbre. Conocer los determinantes propuestos por los investigadores, la percepción del grupo de expertos y los resultados de la aplicación del

modelo (tabla 5.1), permite contar con una perspectiva completa para la formulación de las estrategias.

Tabla 5.1 Tres visiones de los determinantes de la exposición al riesgo cambiario

(1) Diversos autores	(2) Grupo de expertos	(3) Resultado del modelo FET
Ventas al exterior (%)	Política económica	Falta de información
El tamaño de la firma	Altos costos materia prima	Mala planeación financiera
El uso de derivados	Importación de materia prima	Cuentas por cobrar en divisas
El apalancamiento	Inestabilidad de economía internacional	Actitud del empresario
La liquidez de la firma	Falta de información	
El posicionamiento de marca	Inflación	
Mercados compartidos	Contracción de la demanda	

Elaboración propia

Todos los fenómenos forman parte de un sistema o subsistema, señalan Kaufmann y Gil Aluja (1988), Gil Lafuente y Barcellos de Paula (2010), lo que implica la existencia de relaciones de incidencia. Por ello, los grupos de variables, señalados en la tabla 5.1, habrán de mostrar algún nivel de correlación.

Conocer la condición en cuestión de administración de la exposición cambiaria en las pequeñas y medianas empresas permitió corroborar que los esfuerzos de protección en las empresas es sumamente débil; sólo el 14.28% tiene o ha tenido un programa de gestión de la exposición cambiaria, mientras que el 85.72% restante no ha registrado una sola experiencia. Las decisiones en este sentido son tomadas por el propio dueño o en su caso por el contador. No hay un departamento especializado de administración de

riesgos. Tener conciencia del estatus actual de las empresas facilitó alcanzar los objetivos planteados y abrió el espacio suficiente para la demostración de la hipótesis.

La aplicación del modelo borroso a través de la FET trae importantes conveniencias; permite aportar al análisis científico una manera alterna a los modelos de análisis tradicional, destacando la opinión y participación de los expertos. Facilita la interpretación de la información subjetiva, al pasarla a la objetividad de un valor numérico. Faculta la identificación de elementos interpuestos, claves en el diseño de estrategias.

En un entorno de incertidumbre, las empresas requieren herramientas que las auxilien en la toma de decisiones; el uso de la lógica borrosa, señalan Gil Lafuente y Barcellos de Paula (2010), permite encontrar estas herramientas. Asimismo, continúan Nicolás y Gil Lafuente (2010), posibilitan encontrar las relaciones de causalidad que ayudan a descubrir las variables que pudieron ser obviadas en el análisis inicial de un problema, admitiendo avanzar en el proceso de definición de mejores estrategias. En este contexto, se corrobora el acierto de utilizar la matemática de la incertidumbre y los modelos no numéricos en la comprobación de la *hipótesis*:

Hasta hoy, la identificación de la exposición al riesgo cambiario desde la perspectiva tradicional ha estado enmarcada en las aportaciones individuales de un grupo de investigadores, (tabla 2.1). No obstante, la gestión de la exposición cambiaria se ha visto limitada por la mutación acelerada del contexto económico y financiero; por tanto, sigue siendo un problema, pues existen elementos interpuestos que no se han identificado, cuya presencia provoca la inefectividad de las acciones emprendidas.

Desde la óptica de los modelos no numéricos, la identificación de la exposición a los movimientos del tipo de cambio parte de la participación del investigador y del grupo de expertos, lo que permitió la profundización del análisis y la inclusión de elementos subjetivos que facilitaron la comprobación de la hipótesis.

5.3 *Reflexiones sobre los elementos teóricos*

El análisis de la gestión de la exposición al riesgo cambiario, en condiciones de nula incertidumbre, no tiene complicación alguna; se trabaja con información generada de manera objetiva, expresada en datos duros. Empero, se ha dicho que la característica principal de las economías modernas es la incertidumbre. En estas circunstancias, el tratamiento se complica. En este contexto, se considera un acierto asentar el proyecto de investigación sobre la lógica borrosa, cambiando la forma de entender y atender el contexto incierto del mundo contemporáneo.

En este sentido, emerge una nueva óptica de análisis de la gestión de la exposición al riesgo cambiario, y al no encontrar evidencia previa de modelos borrosos en este ámbito de la ciencia, su utilización se concibe como una aportación al desarrollo científico en esta área del conocimiento. Consecuentemente, la revisión de los planteamientos teóricos de la lógica binaria booleana y su evolución a la lógica multivalente, a la teoría de los conjuntos borrosos de Lofti Zadeh (1965) y al principio de simultaneidad gradual de Gil Aluja (1997), pasando por la teoría de conjuntos, sus relaciones y propiedades, resultó de gran valía para fortalecer la utilización del modelo de efectos olvidados y su análisis matricial.

5.4 Acerca de las decisiones metodológicas

La aplicación de una metodología mixta ha sido un acto congruente con la decisión de utilizar un modelo no numérico y con la conversión de expresiones lingüísticas en valores numéricos. Conceptualmente, no fue posible abordarlo desde el ámbito puramente cuantitativo o netamente cualitativo. El enfoque mixto resultó acertado, al ajustarse de manera perfecta a los requerimientos del modelo de los efectos olvidados.

La implementación del modelo de los efectos olvidados contribuye a fortalecer la Lógica Borrosa en la generación de conocimiento científico, herramienta capaz de aglutinar a miles de investigadores, con un crecimiento exponencial en la producción de literatura científica y en muy diversos campos del conocimiento, como la economía, las finanzas, los sistemas de monitoreo y control, la sustentabilidad, la medicina y las tecnologías de información, entre otras, adicionando a la gestión de la exposición al riesgo cambiario en un nuevo campo de aplicación de la matemática de la incertidumbre.

5.5 Sobre los resultado obtenidos

La consistencia de una investigación estriba en la comprobación de sus hipótesis —en este caso, demostrar que es posible gestionar de manera eficiente la exposición al riesgo cambiario, con base en un análisis borroso— comporta seleccionar el modelo que garantice la mayor eficiencia en el procesamiento de la información, principalmente al tratarse de información con alto grado de subjetividad. En este sentido, utilizar el modelo de los efectos olvidados fue base para procesar la información subjetiva y posibilitó

profundizar en el conocimiento de los determinantes y sus relaciones de incidencia directas e indirectas, contribuyendo en la ubicación de elementos interpuestos entre la causa y el efecto, cuyo conocimiento permite diseñar estrategias de solución con un nivel de efectividad superior al que se logra cuando éstos son desconocidos.

5.6 Algunas recomendaciones y otras líneas de investigación

Se ha precisado, según lo expresado por el grupo de expertos, que la volatilidad económica financiera, la falta de información y capacitación en aspectos financieros de los tomadores de decisiones, impactan de manera considerable la condición de las pequeñas y medianas empresas. Esta condición posibilita la aplicación de los resultados obtenidos, en aspectos como:

Diseño de estrategias de protección no financieras.

Generación de estrategias de inversión.

Cambios en las políticas de operación de las empresas.

Modificaciones en las estructuras de gobierno empresarial.

Estructuración de programas de capacitación.

En general, la investigación puede ser referente en futuros proyectos, cuyos modelos se ubiquen en los campos de la matemática de la incertidumbre. Asimismo, es aplicable en otras áreas de la administración de empresas en temas como gestión de recursos humanos, análisis del proceso de sucesión y clima organizacional, entre otros.

De manera natural, se presentan dos nuevas líneas de investigación: la medición del grado de exposición y la cobertura cambiaria. La primera fue abierta a la discusión por Adler y Dumas (1984), Jorion (1990), Allayannis (2001) y Bartram (2005), entre otros. La segunda se ha discutido por autores como: Jorion (2010), Makar y Hufmann (1997), Baril et al. (1996) entre otros; empero, todas las propuestas se han concebido desde la óptica determinista de la matemática binaria.

La generosidad del modelo de los efectos olvidados faculta su aplicación en áreas como la sustentabilidad, mercadotecnia, control de calidad, economía, finanzas, política, y medicina, entre otras.

Sin embargo, es importante considerar que su articulación y eficacia están en función del entorno inmediato de los valuadores, de la temporalidad, de las características del objeto de estudio, ya que influyen en la forma de percibir el contexto y el planteamiento de la problemática; por tanto, se recomienda definir las matrices de incidencia, considerando tiempos y públicos, que representen con pureza la condición humana de las economías.

5.7 Reflexiones sobre aspectos generales: aportaciones, problemas y limitaciones

5.7.1 Aportaciones

En un mundo de incertidumbre, señala Gil Aluja (1999), ya no tienen cabida las rígidas especializaciones, sino el fomento de la imaginación, creadora de espíritus flexibles y adaptativos. Al incluir las aportaciones de los expertos, se logra una amplia

percepción e interpretación que suaviza las respuestas e incrementa la veracidad, aunque sacrifique la exactitud. En este sentido, la principal contribución es aportar al análisis científico una manera alterna a los modelos de análisis tradicional para enfrentar el problema de la identificación de la exposición, desde una perspectiva no numérica, que resalta la opinión y participación de los expertos e incluye la subjetividad en la toma de decisiones concertando la idiosincrasia y el comportamiento natural de las personas.

La Teoría de los Efectos Olvidados proporciona un modelo de corte secuencial que facilita introducir las relaciones de causalidad en la identificación de la exposición al riesgo cambiario, siendo una herramienta útil en la selección de estrategias. No considerar las relaciones ocultas e indirectas puede generar errores indelebles.

5.7.2 Principales problemas

Las etapas del proceso de investigación, aunque se pueden presentar como una secuencia numérica, en realidad, señala Kolb (1984), forman parte de un ciclo reiterativo continuo de experiencia. En este contexto, la investigación sufrió tres puntos de quiebre que la llevaron al planteamiento final, como aparece en la siguiente figura.

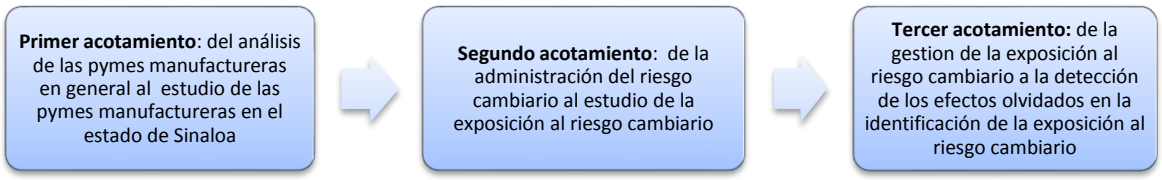


Figura 5.1 Proceso de evolución conceptual de la investigación.

Elaboración propia (2014).

Lograr mayor enfoque, una sistematización congruente del planteamiento del problema, de los objetivos e hipótesis, complicó el seguimiento del cronograma de actividades. Adicionalmente, surgieron otros conflictos. Por un lado, la dificultad para conformar el grupo de expertos, del 100% convocado sólo el 66.6% atiende la invitación. Por el otro, la incompatibilidad de agendas y disponibilidad de tiempo dificultó el proceso de valuación de las matrices.

5.7.3 *Aspectos relevantes*

Hay aspectos que por su trascendencia vale la pena retomarlos. El primero es la incorporación de un conjunto de variables provenientes de una apreciación totalmente subjetiva e imprecisa. El segundo se refiere al modelo de agregación utilizado.

La subjetividad y dispersión están presentes en toda opinión expresada de manera natural y en forma lingüística. Por tanto, aunque el grupo de expertos comparta experiencia, problemas cotidianos y algún tipo de formación, no garantiza que haya coincidencia en la forma en que perciben los fenómenos económicos, financieros o sociales.

Esta divergencia vuelve necesario homogenizar el punto de vista de los expertos. Para lograrlo, se utilizó la matemática de la incertidumbre a través de un modelo numérico denominado expertón. Su uso, facilitó el conocimiento y análisis de la distribución de los valores de la función característica de pertenencia, en el intervalo [0 1], facilitando el

análisis flexible de los datos y el tratamiento específico de cada variable, situación que no es posible experimentar con algún otro tipo de agregador.

Otro aspecto importante se refiere a utilizar el programa computacional denominado FuzzyLog. Obtener los resultados esperados, corriendo el proceso de manera manual, hubiese demandado un gran esfuerzo físico, el consumo de mucho tiempo y, sobre todo, potenciar el riesgo de cometer errores de cálculo. Por ello, usar el *FuzzyLog* significó considerables ventajas: manejar grandes cantidades de información, obtener resultados de manera rápida y facilitar la interpretación de los datos.

5.7.4 Limitaciones

Las limitaciones en este estudio son inherentes a las características de la metodología utilizada, tratándose de una forma mixta, exploratoria, no experimental; no es generalizable, su aplicación debe sujetarse a restricciones circunstanciales, respondiendo a condiciones específicas establecidas en la definición del perfil del objeto de estudio. En este sentido, los resultados son aplicables por una temporalidad y territorialidad limitadas, centradas en el sector manufacturero de las pymes sinaloenses.

Anexos

Anexo A.1 FuzzyLog

Es un programa de cálculo para elaborar y trabajar con modelos basados en matemática de la incertidumbre con el propósito de recuperar los denominados Efectos Olvidados (Kaufmann y Gil Aluja, 1988) en las relaciones de causalidad. Para simular el modelo, se plantean dos grupos de elementos interrelacionados que actuarán como causas, en el supuesto del primero grupo, y como efectos en el supuesto del segundo, en los cuales se deberán introducir las estimaciones iniciales.

El programa muestra las relaciones de incidencia de segundo orden. Facilita la inserción de los valores y resuelve de manera automática el cálculo de las matrices de incidencia, mostrando directamente todos los resultados en sus diferentes versiones y variantes en forma gráfica y numérica para su correspondiente análisis (Gil Lafuente, 2010).

FuzzyLog® fue programado en el lenguaje PHP,[20] utilizando el gestor de bases de datos MySQL.[21] La aplicación fue desarrollada para utilizarse en ambientes web con generador de código HTML

[20] PHP es un lenguaje de programación interpretado, diseñado originalmente para la creación de páginas WEB dinámicas. PHP es un acrónimo recursivo que significa PHP Hypertext Pre.processor; fue creado originalmente por Rasmus Lerdorf en 1994.
[21] MySQL es un sistema de gestión de base de datos relacional, multitarea y muliusuario. Desde enero de 2008, las empresas de Tecnología Sun Microsystems y Oracle Corporation desarrollan MyQSL como software libre en un esquema de licenciamiento dual.

El programa brinda al usuario una herramienta sencilla y completa para aplicar el modelo de los Efectos Olvidados a prácticamente cualquier disciplina en que puedan identificarse causas y efectos de una situación determinada. Su uso facilita y agiliza los cálculos del modelo, que hechos manualmente hubiesen requerido muchas horas de trabajo. Además, el programa permite trabajar con casos de gran complejidad por la cantidad de causas y efectos involucrados.

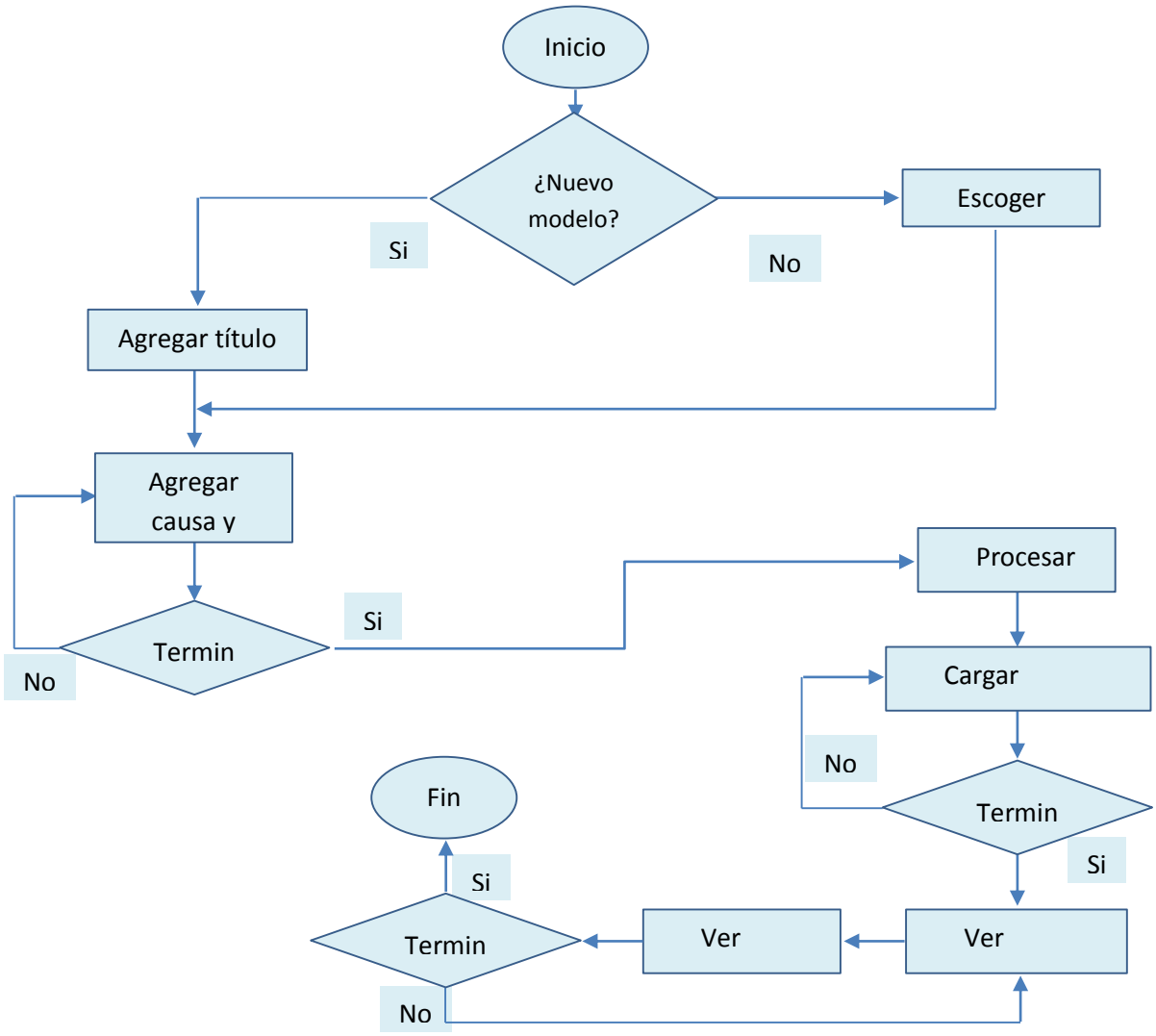
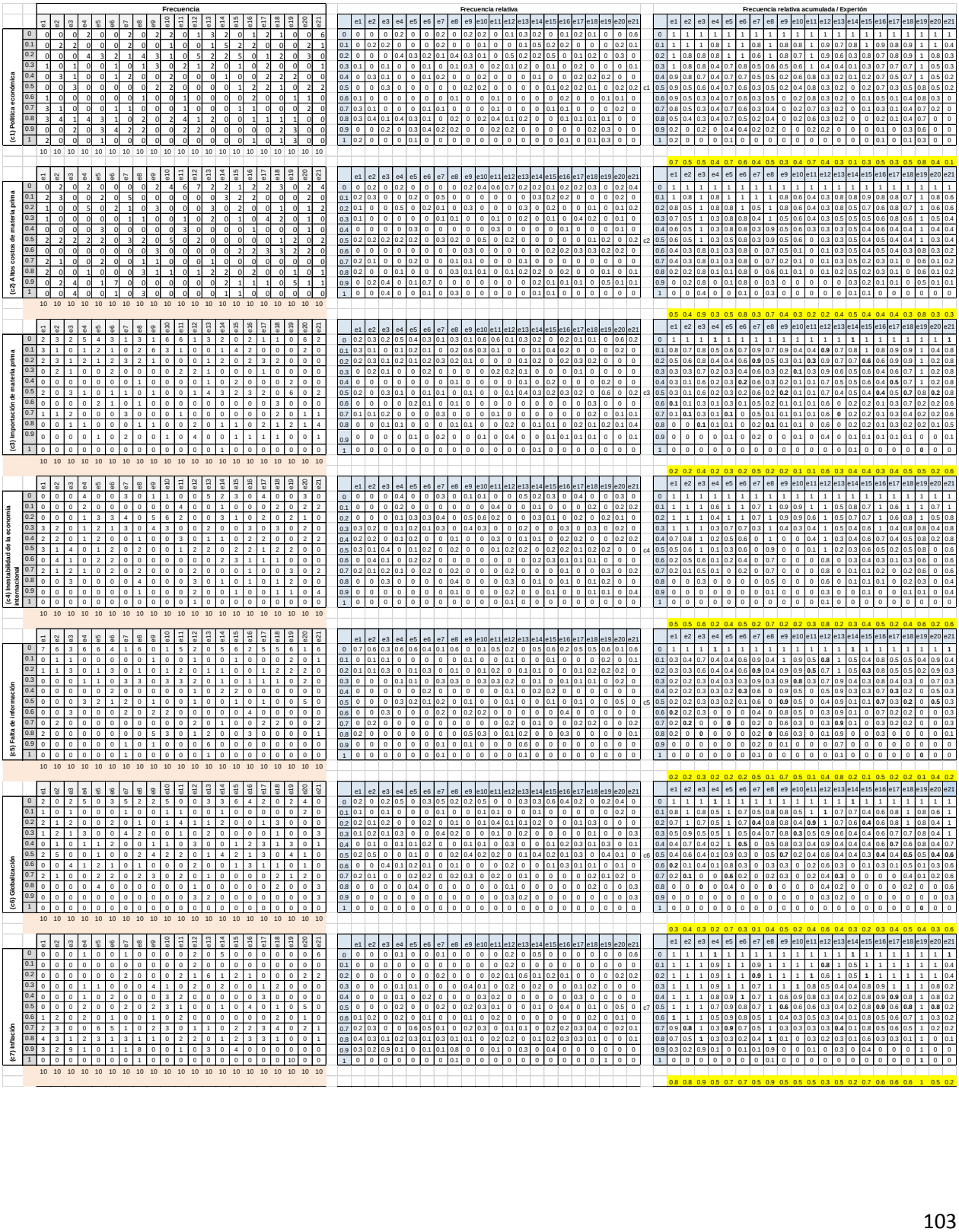
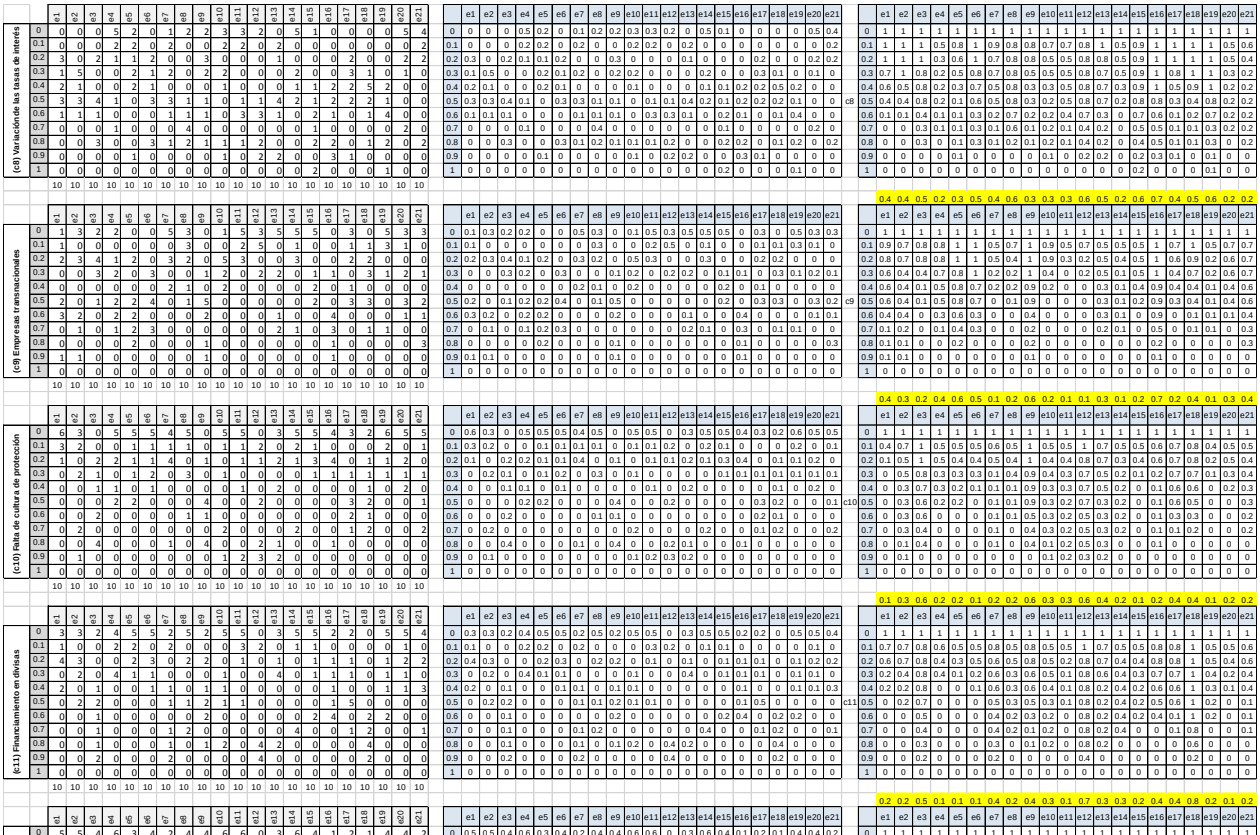
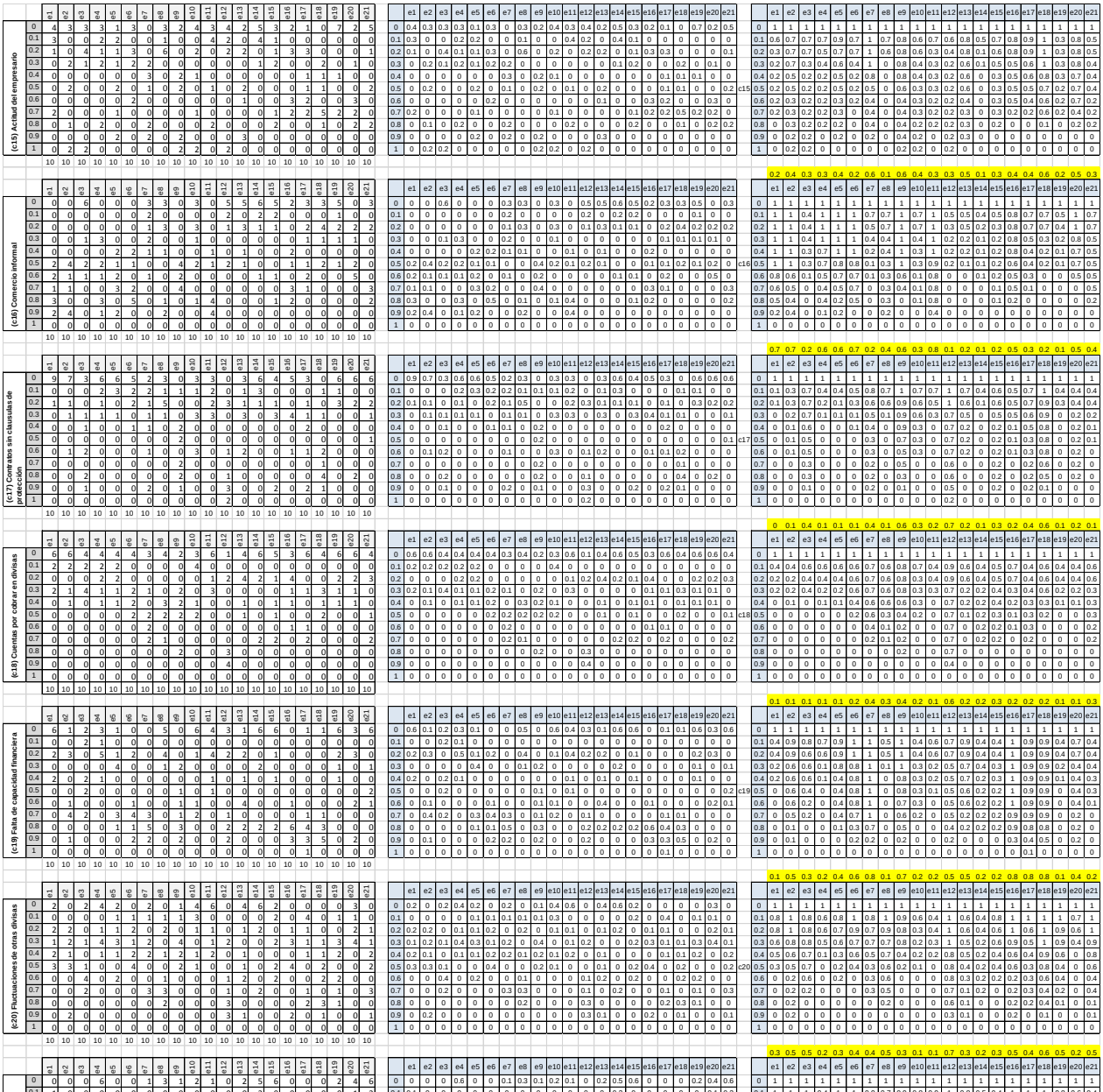


Figura A.1. Diagrama de flujo de la aplicación FuzzyLog.

Anexo A.2 Expertones para cada variable




(c8) Variación de las tasas de interés
(c9) Empresas transnacionales
(c10) Falta de cultura de protección
(c11) Financiamiento en divisas
(c12) Inversiones en el extranjero
(c13) Mala planeación financiera
(c14) Precios del petróleo



Elaboración Propia

Bibliografía

ADALID DÍEZ DE URDANIVIA, C. (2002). ¿Por qué probar en econometría? *Política y Cultura,* primavera, núm. 017. Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco, Redalyc, 362-378.

ADLER, M., y B. Dumas (1984). Exposure to currency risk: definition and mesasurement. *Financial Management*, 13, 41-50.

ALLAYANNIS, G., y E. Ofek (1997). Exchange rate exposure, hedging, and the use of foreing currency derivatives. *Journal of International Money and Finance* , 20, 273-296.

ALLAYANNIS, G., J. Ihrig y J.P. Weston (2001). Exchange rate hedging Financial versus operational Strategies. *Echange - Rate Exposure of Firms and Workers*, 391-395.

BABBEL, D.F. (1983). Determining the optimum strategy for hedging currency exposure. *Journal Of International Business Studies,* Vol. 14, núm. 1. <http://www.jstor.org/stable/154332>, 133-139.

BALCÁZAR, N., P. González, N. Arratia, y P.G. Gurrola (2005). *Investigación culitativa.* Toluca, Estado de México: UAEM.

BARCELLOS, D.P. (2010). *Modelos de gestión aplicados a la sostenibilidad empresarial.* Barcelona: Universidad de Barcelona.

BARIL, C.P., R.L. Benke Jr y G.W. Bueton (1996). Administración del riesgo con derivados. *Management Accounting, Nov., 78, 5 ABI/INFORM COMPLETE*, 78.

BARTRAM, S.M. (2005). Foreign exchange rate exposure, hedging and cash flows.

BARTRAM, S.M., y G.M. Bodnar (2005). The exchange rate exposure puzzle. *Electronic copy available at:l* <http://ssrn.com/=891887>.

BENITO, T., y M. Durán *(2010). Lógica Borrosa.* Universidad Carlos III.

BERNAL, T.C. (2010). *Metodología de la investigación, Administración, economía, humanidades y ciencias sociales.* Pearson.

BERNALDO DE QUIROZ, M.L., y M.D. Rodríguez (2004). La sistematización como forma de producir el conocimiento científico, desde una perspectiva no positivista. *Confluencia. A*ño 1, núm. 4.

BODNAR, G.M., y W.M. Franco (2000). Estimating exchange rate exposures: some «weighty» issues. NBER Working papers, 7497.

BRIONES, G. (2002). Módulo 3 Metodología de la investigación cuantitativa en las ciencias sociales. En D. y. Briones, *Especialización en teoría, métodos y tecnicas de investigación social.* Bogotá, Colombia: Composición electronica: ARFO Editores e impresores LTDA.

CHAIEB, I., y S. Mazzotta (2010). The uncondicional and conditional exchange rate exposure of US Firms.

CONCARI, S.B. (2001). Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanzas de las ciencias. *Ciencias y Educación,* vol. 7 núm. 1, 85-94.

COOPER, R.D., y P.S. Schindler (2011). *Business research methods.* McGraw-Hill International.

CRESWELL, J.W., y V.L. Plano-Clark. (2007). Designing and conducting mixed methods research. *Thousand Oaks.* CA: SAGE Publications.

DAVIDSON P. (2003). Are fixed exchange rates the problem and flexible exchange rates there cure? *Eastern Economic Journal. Disponible en http://college,holycross.edu/eej/volume29/V29N2P259_268.pdf*

DE LOS COBOS, S.S., C.J. Goddard, A, G.A. (2010). Fuzzy regression vs. ordinary least squares regression: case study. *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones* 2011, 18 (I), 33-48.

DHANANI, A. (2004). The management of exchange-rate risk: a case from manufacturing industry. *Thunderbird International Business Review;* 46,3; ABI/INFORM Complete, 317.

DOUKAS, J.A., P.H. Hall y L.H. Lang (2003). Exchaenge rate exposure at the firm and industrial level. *Financial Markets Intitutions & Instruments,* vol. 12, núm. 5, december 2003.

FLOOD, E.J., y D.R. Lessard (1986). On the measurement of operating exposure to exchange rate. A conceptual approach. *Financial Management Spring*, 25-36.

GEISSLER, C. (May de 1995). Tendencias recientes en Administración de Riesgo. *Corporate Finance May 126; ABI/INFORM complete*, 11.

GENTO, A., L.L. Lazzari y E.A. Machado (1999). Reflexiones acerca de las matrices de incidencia y la recuperación de los efectos olvidados. *Cuadernos del Cimbage, 4*. Universidad de Buenos Aires Argentina, 11-27.

GIL ALUJA et al. (2004). Aproximación metodológica a la optimización en la incertidumbre. *Monográfico 2*, 23-49.

_____ (1996). Towards a new paradigm of invesment selection in uncertainty. *Fuzzy Sets and Systems 84*, 187-197.

_____ (1999). *Elementos para una teoría de la decisión en la incertidumbre.* Londres: Vigo Villadoiro.

_____ (2000). Génesis de una teoría de la incertidumbre. Discurso pronunciado en ocasión del acto de imposición de la Gran Cruz de la Orden Civil de Alfonso X El Sabio, Barcelona, 20 de enero. Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras y Real Academia de Doctors , 27.

_____ (2005). La matemática borrosa en la economía y gestión de empresas. *SCTM-Sociedad, Ciencia, Tecnología y Matemáticas*, 12.

GIL LAFUENTE, A.M., y L. Barcellos de Paula (2010). Una aplicación de la metodología de los efectos olvidados: los factores que contribuyen al crecimiento sostenible de la empresa. *Cuadernos del CIMBAGE, 12* , 23-52.

GIL LAFUENTE, A.M., y C. Luis Bassa (2011). Identificación de los atributos contemplados por los clientes en una estrategia CRM utilizando el modelo de efectos olvidados. *Cuadernos del CIMBAGE, 13* , 107-127.

GIL LAFUENTE, A.M. (1993). *El análisis financiero en la incertidumbre.* Barcelona, España: Ariel.

GIL LAFUENTE, A.M. (2001). *Nuevas estrategias para el análisis financiero en la empresa.* Barcelona, España: Ariel.

GRADOJEVIC, N. (2002). Non linear exchange rate forecasting: the role of market microestructure variables. Doctoral Thesis. University Of British Columbia, Vancouver, Canadá.

GREENE, J., V.J. Caracelli, y W. Graham (1989). Toward a conceptual Framework For Mixed-method evaluation designs. *Educational Evaluation and Policy Analysis,* 11 (3), 255-274.

HERNÁNDEZ, R., C. Fernández y P. Baptista (2010). *Metodología de la investigación.* México: McGraw-Hill.

HULL, J. (2002). Introducción a los mercados de futuros y opciones. Madrid, España: Prentice Hall.

JEGHER, S. (1999). Estructura flexible en la administración del riesgo financiero. *Administración del Riesgo,* enero, 46,1; ABI/INFORM GLOBAL, p. 29, 29.

JORION, P. (1990). The exchange rate esposure of US Multinationals. *The Journal of bussines,* vol. 63; núm. 3, 331-345.

_____ (2010). Administración del riesgo. *The Annual Review Of Financial Economics,* july 16 2010, 347 - 365.

JUTCHING, J.W. (1995). Exposición al tipo de cambio: lecciones aprendidas en México. *Administración del Riesgo,* julio, 42, 7 ABI/INFORM global, 31.

KAUFFMANN, A., y J. Gil Aluja (1993). *Técnicas especiales para la gestión de expertos.* Santiago de Compostea, España: Milladoiro.

KAUFMANN, A. (1988). Theory of Expertons and Fuzzy Logic. *Fuzzy Sets and Systems,* 28, 295-304.

KAUFMANN, A., y J. Gil Aluja (1987). *Técnicas operativas de gestión para el tratamiento de la incertidumbre.* Barcelona, España: Hispano Europea.

_____ (1988). *Modelos para la investigación de efectos olvidados.* Vigo: Milladoiro.

_____ (1989). *Modelos para la investigación de efectos olvidados.* Santiago de Compostela: Milladoiro.

_____ (1990). *Las matemáticas del azar y de la incertidumbre; elementos básicos para su aplicación en economía.* Madrid: Centro de Estudios Ramón Areces.

KAVALIOVA, M. (2010). *Foreing Exchange Risk Management.*

KLIMOVA, A. (2009). *Agrupaciones económicas de las regiones de la Federación Rusa mediante métodos matemáticos en condiciones de incertidumbre.* Barcelona, España.

KNIGTH, F. (1921). *Risk, uncertainty and profit.* New York. Hart, Schaffner and Marx.

LIERN, C.V. (2014). *El eco de la música de las esferas, las matemáticas de las consonancias.* Barcelona, Esp: Real Academia de Doctores, Fundación Universitaria Eserp.

LUIS BASSA, C. (2011). *Modelos para el análisis de atributos contemplados por los clientes en una estrategia de marketing relacional.* Bacelona, España: Universidad de Barcelona.

MAKAR, S.D., y S.P. Huffman (1997). Prácticas de administración de riesgos en las multinacionales estadounidenses. *Journal of Applied Business Research,* 13,2 ABI/INFORM Completed, 73.

MARTÍNEZ, E.F., M.C. Hervas, J. Torres y E.A. Martínez (2007). Modelo no lineal basado en redes neuronales de unidades producto para clasificación. Una aplicación a la derterminación del riesgo en tarjetas de crédito. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 40-62.

MARTÍNEZ, L.J. (2004). *Estratégias metodológicas y técnicas para la investigación social.* México: Univesidad Mesoamericana.

MARTÍNEZ, S.P. (1999). Metodología para la medición de la exposición económica al riesgo de cambio. *ICE, Sector Exterior Español, 780*.

MUÑOZ PALMA, M., y E. Avilés Ochoa. (2013). Incorporation of Fuzzy Logic to the Black-Scholes Model in Exchange Option Pricing. *Atlantis Press.* <http://www.atlantis-press.com/php/pub.php?publication=eureka-13&frame=http%3A//www.atlantis-press.com/php/paper-details.php%3Fid%3D9624>.

NICOLÁS, A.C., y J. Gil Lafuente (2010). Custumer experience assessment: Forgotten Effects.

PASCALE, R. (1999). *Decisiones financieras*. Machi.

POPOV, V., y Y. Stutzmann (2003). *How is foreing exchange risk managed: an empirical study applied to two swiss companies*. UL.

PRECIADO, L.B., L.F. España y J.A. López (2011). Gestión del riesgo cambiario en una compañía exportadora. *Estudios Grenciales,* vol. 27, núm. 1*21*, 219-238.

PRIESTLEY, R., y B.A. Odegaard (2002). Linear and nonlinear exchange rate exposure and the price of exchange rate risk.

QUIROZ, M.E. (2003). *Hacia una didáctica de la investigación.* México: Aula.

RADJA, G. (1997). *Principles of risk management and insurance.* Sixth edition. Addison Wesley.

RAHNEMA, A. (2007). *Finanzas Internacionales.* Barcelona, España. Deusto.

RAMÍREZ, N., R. Martínez y L. Nancy (2010). Dos formas de orientar la investigación en la educación de postgrado: lo cuantitativo y lo cualitativo. *Pedagogía Universitaria,* vol. XV, núm. 5.

RICO, M.A., y J. Tinto (2008). Matemática borrosa: algunas aplicaciones en las ciencias económicas, administrativas y contables. *Contaduría Universidad de Antioquia 52*, 199-214.

RODRÍGUEZ VALLS, F. (1991). Experiencia y concimiento en David Hume. *Thémata. Revista de Filosofía.* Núm. 8, 45-67.

RODRÍGUEZ, P.M. (2010). *Métodos de investigación: diseño de proyectos y desarrollo de tesis en Ciencias administrativas, organizacionales y sociales.* Culiacán, Sinaloa: UAS.

RODRÍGUEZ, R. (1979). Measuring and controlling multinational´s exchange risk. *Financial Analysts Journal*.

RUIZ, E.A. (2007). Administración del riesgo cambiario en una empresa importadora del sector agropecuario. *Panorama administrativo. Año I, Num 2. Instituto Tecnológico de Celaya*

SABINO, C. (1992). *El proceso de investigación.* Caracas, Venezuela: Panapo.

SALAZAR, R. (2012). El peso mexicano: la gestión de cobertura del riesgo cambiario mediante la teoría de los efectos olvidados. *Journal of Economics, finance and Administrative Science, 17-32*, 32.

SÁNCHEZ, G. (2007). *Introducción a la econometría.* México: Universidad Autónoma de México.

SHAPIRO, A.C. (1974). Defining exchange risk. *The Journal of Business*, 37-39.

SIRBILADZE, G., I. Khutsishvili y B. Ghvaberidze (2013). Multistage decisión.making fuzzy methodology for optimal investments based on expertos´evaluations. *European Journal Of Operational Research 232*, 169-177.

SPANOS, A. (1986). *Statistical foundations of econometric modeling.* Cambrige: Cambrige University Press.

STAKE, R. (1995). The arte of case study Research. *Sage Publications California USA*.

TAMAYO, M. (2011). *El proceso de investigación científica: incluye evaluación y administración de proyectos de investigación.* Quinta edición. México.

TAYLOR, S., y R. Bogdan (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación.* Madrid, España: Paidós.

VENTOSA SANTAULÁRIA, D. (2006). ¿Qué es la econometría? *Acta Universitaria,* septiembre-diciembre año, vol. 16, núm. 003. Universidad de Guanajuato Redalyc, 47-51.

WALLACE, J. (1998). Las mejores prácticas en la administración de riesgos. *TMA Journal ABI/INFORM*, 25.

ZADEH, L. (1965). Fuzzy Set. *Information and Control 8*, 338-353.

ZADEH, L.A., F. King-Su, K. Tanaka y M. Shimura (1975). *Fuzzy sets and their applications to congnitive and decision processes.* L. A., USA: Academic Press, Inc New York San Francisco London.