



Evaluación de programas públicos en el marco de la realidad social. Metodología basada en la lógica difusa como instrumento para el análisis de fenómenos sociales

Evaluation of public programs in the context of social reality.
Methodology based an fuzzy logic as a tool for analyzing social phenomena

Lucio Flores Payán
Margarita Camarena Luhrs

Resumen.

En la actualidad existe una variedad de modelos y metodologías para el análisis y evaluación de programas sociales, no obstante, muchos de ellos corresponden a casos donde la información y datos objetivos necesarios son precarios, lo que propicia tener que partir de evaluaciones con valoraciones más subjetivas. La realidad social, extremadamente compleja, requiere de un pensamiento más fuerte y de poderosos instrumentos analíticos capaces de comprenderla. Por ello, la implementación de elementos alternativos como es el caso de la Teoría de la lógica difusa –y sus aplicaciones-, pueden ser muy útiles para tratar fenómenos sociales porque proveen de una comprensión muy abstracta y al mismo tiempo de instrumentos prácticos con los cuales reducir los aspectos de incertidumbre y vaguedad de las decisiones del pensamiento humano, y así, orientar o aún más, redirigir la intervención social para mejorar la visión analítica en la evaluación de programas sociales.

Palabras clave: Evaluación, Programas Sociales, Lógica Difusa, Aplicaciones, Fenómenos Sociales.

Abstract.

At present there are a variety of models and methodologies for analysis and evaluation of social programs, however, many of them are cases where information and necessary data are weak, which favors having to start from more subjective evaluations with ratings. The social reality, extremely complex, requires a stronger thought and powerful analytical tools capable of understanding it. Therefore, the implementation of alternative elements such as the theory of fuzzy logic, can be very useful in treating social phenomena because they provide a very abstract comprehension while practical tools with which reduce uncertainty and vagueness aspects of the decisions of human thought, and thus further guide or redirect the social intervention to improve the analytical approach in assessing social programs.

Keywords: Evaluation, Social Programs, Fuzzy logics, applications, social phenomena

Introducción

El presente documento encuentra el sustento principal en la idea de presentar una innovadora forma de contribuir al conocimiento y entendimiento de la realidad social, entendiendo esta realidad como estructura general o marco de referencia en la cual se sitúa la evaluación de política pública y su particularidad de programas sociales, y de esta forma apoyar las decisiones de intervención sobre sus complejas condiciones a partir de la lógica difusa. Con esta finalidad se conceptualiza y contextualiza la lógica difusa y se definen sus alcances y aplicaciones al análisis social; se destacan ejemplos en los que se aplica la lógica difusa al conocimiento social, para adentrarse en las representaciones de los conjuntos difusos y sus expresiones matemáticas. También se contemplan las variables lingüísticas y especialmente, sus etiquetas no numéricas. A partir de lo anterior, se presentan ejemplos que comprenden las formas matemáticas de manejar y aplicar los conjuntos de dinámicas difusas al conocimiento y la intervención de la práctica social; para, finalizar se muestran aplicaciones de la lógica difusa en la investigación social y se introduce al involucramiento de la teoría de la lógica difusa en la evaluación de política y programas públicos al presentar algunos de los beneficios del uso de esta teoría en la evaluación.

1. La teoría de la lógica difusa como instrumento de análisis para el fenómeno social

Fundamentos teóricos

Al paso del tiempo los métodos de análisis se han refinado proponiendo teorías cada vez más sólidas para el estudio de temas distributivos. El estudio de fenómenos sociales, y en específico el análisis y evaluación de políticas y programas públicos, ha encontrado una elemental distinción, de ser multidimensional y totalmente dinámico, pocas y cada vez menos veces explicado de forma estática y unidimensional.

De tal forma que la incertidumbre y la indeterminación como elementos provenientes de la libertad del pensamiento y accionar de los seres humanos, son características que adjetivan perfectamente a la sociedad. Este libre pensamiento y la interacción entre cada individuo propician condiciones inmateriales como son la ética y sus reglas, las creencias, entre algunas más, esta inmaterialidad trae como consecuencia la dificultad de medir los fenómenos sociales, y que se acentúa aún más por carecer de instrumentos de observación tan potentes como los que disponen las Ciencias Naturales (Uharte, 2009:19).

La probabilidad y la estadística durante decenas de años han sido los principales elementos a los que recurre el investigador social para la estratificación y formalización del razonamiento y del conocimiento que implica la intervención para la mejora de la realidad social. Estos elementos como herramientas de la investigación social, hacen posible obtener respuestas desde una visión global, general y consensual de los problemas de investigación, así mismo permiten entender el comportamiento en condiciones de normalidad y probabilidad de ocurrencia de un suceso o acontecimiento, en torno de un elemento central o inicial del comportamiento de la realidad estudiada; sin embargo, con estos instrumentos no se obtienen respuestas bajo condiciones de heterogeneidad, anómalas e irregulares (condiciones de no normalidad) que siempre se encuentran existentes; es decir, no ofrecen respuestas que conduzcan a una racionalidad proveniente de formas de explicación dinámicas que son imposibles de considerar como estáticas.

Una visión permeada de aproximaciones, difícilmente satisface las ansias de respuestas exactas de observadores de la complejidad y lo no homogéneo, que son necesarias para actuar mejor. Por ello, se explora la conceptualización del término complejidad del cual se hace mención desde la misma perspectiva que establece García, quien menciona que:

La complejidad de un sistema no está solamente determinada por la heterogeneidad de los elementos (o subsistemas) que lo componen y cuya naturaleza los sitúa normalmente dentro del dominio de diversas ramas de la ciencia y la tecnología. Además de la heterogeneidad la característica determinante de un sistema complejo es la interdefinibilidad y mutua dependencia de las funciones que cumplen dichos

elementos dentro del sistema total. Esta característica excluye la posibilidad de obtener un análisis de un sistema complejo por la simple adición de estudios sectoriales correspondientes a cada uno de los elementos (García, 2011: 67).

En realidad esta complejidad se encuentra no tanto en el propio objeto de estudio, sino en la forma como este es observado. Cada forma de análisis nace de una reflexión que comprende ampliamente la imposibilidad de satisfacer los alcances infinitos de correspondencia e interdependencia entre los elementos del sistema estudiado con los elementos del entorno. Estos últimos, siempre infinitamente mayores (Amozurrutia, 2006: 121).

En consecuencia, es implacable la necesidad de una variante en la forma de observar la realidad social, una realidad que se encuentra permeada por fenómenos heterogéneos, por comportamientos cambiantes -no solamente en tiempo y espacio sino que también en su propia lógica de comportamiento-, que son prácticamente impredecibles y siempre irrepetibles, resultan azarosos; en palabras de Munné: "La realidad en sus más diversas manifestaciones, aparece en el nuevo contexto, construida por fluctuaciones, iteraciones, borrosidad, turbulencias o torbellinos, catástrofes, fractales, bifurcaciones, actores extraños etc." (Munné, 1995:2).

Estas externalidades en el conocimiento de la realidad social son motivo para emprender la búsqueda de formas de observación distintas y para aplicarlas en la investigación social, teorías y prácticas que proporcionen directrices de política y pautas de intervención sustentadas social y culturalmente, además de tecnologías, metodologías, métodos y técnicas adecuadas que hagan posible contemplar la vaguedad, subjetividad, incertidumbre y lo excesivamente cambiante de los fenómenos analizados. Nos referimos a teorías convenientemente apoyadas con conocimientos e instrumentos provenientes de otras disciplinas que puedan ser trasladados y aplicados al estudio de lo social.

En consideración de Amozurrutia, es necesario hacer una verdadera reflexión sobre el significado que se asigna al número en las conjeturas estadísticas. En virtud de la necesidad de hacer más explícita la intervención del científico o investigador, es fundamental encontrar elementos que faciliten la construcción de argumentos que propicien una continuidad verdaderamente objetiva y racional en las inferencias de cada investigación (Amozurrutia, 2006: 122).

Uharte (2009: 20), propone seis elementos que generan dificultad en el estudio de los fenómenos sociales los cuales son: A) el carácter cualitativo de los fenómenos de la realidad social, como por ejemplo conceptos como: pertinencia, solidaridad, parcialidad. B) la multiplicidad de factores que intervienen en el contexto social y su realidad y que a su vez propician efectos ampliamente variantes y no fácilmente predecibles, C) variabilidad de los fenómenos sociales en aspectos como espacio y tiempo, de aquí que la generalización, homogeneización y regularización debe ser prudente y más limitada en comparación con las ciencias naturales, D) falta de instrumentos de observación potentes y precisos, como puede ser un microscopio, un telescopio o rayos x utilizados en las ciencias naturales, E) la alta influencia que tiene la sociedad en su propia realidad y en consecuencia en su análisis e estudio, F) la difícil tarea que tiene el investigador de excluirse al momento de realizar el análisis de algo a lo que pertenece, que es la sociedad misma, y eliminar del acto de investigación sus valores, creencias e ideologías.

Por todo esto, la propuesta que se presenta en este trabajo es la de que para fines de observación, comprensión y explicación de los procesos evaluativos de políticas y programas sociales como elemento característico de la complejidad de la realidad social, sea utilizada la teoría de la lógica difusa, misma que mediante sus funciones de pertenencia, su aritmética difusa y el establecimiento de los cortes difusos (que son explicados posteriormente), hagan posible construcciones de certeza creciente bajo explicaciones operacionalizadas, de tal forma que se logren certezas prolongadas en las condiciones heterogéneas del fenómeno analizado.

Entonces, ya es momento de presentar una primera aproximación a la conceptualización de la lógica difusa y posteriormente, describir y ejemplificar el trasplante de esta teoría hasta el dominio de la investigación social de los objetos de estudio que interesan, como es el caso de la evaluación de programas sociales.

2. Elementos conceptuales de la lógica difusa

Las Primeras aproximaciones

La lógica difusa se basa en la relatividad de lo observado, permite describir y formalizar la realidad a través de modelos flexibles, contemplando la subjetividad y la incertidumbre de las valoraciones del comportamiento humano (Lazzari, Machado y Pérez 2000:6).

Sin embargo, se debe aclarar que las primeras –y en la actualidad las más precisas– aplicaciones de esta teoría, han sido hechas con fines de racionalizar la toma de decisiones en el área del control y la ingeniería. Esto, aceptando el reto principal de lograr conmensurar y especificar aspectos que el pensamiento humano podría asignar a una variedad de valores numéricos y, por tal razón, difícilmente cuantificables.

Los enunciados siguientes son un ejemplo sumamente práctico donde puede apreciarse la diferenciación entre lo exacto –lógica clásica o bivalente– y lo difuso –lógica multivalente o difusa–:

- Valoración exacta (lógica clásica): “tengo 50 años de edad”, “soy de sexo femenino”, $4 * 5 = 20$
- Valoración difusa (lógica difusa): “la política pública es eficiente”, “el transporte público es de buena calidad”.

Es complicado definir de forma plenamente cuantitativa, es decir, con un valor únicamente numérico, el concepto de “calidad” o de “eficiencia”, debido a que son términos que se encuentran plenamente permeados de la subjetividad de quien los interpreta.

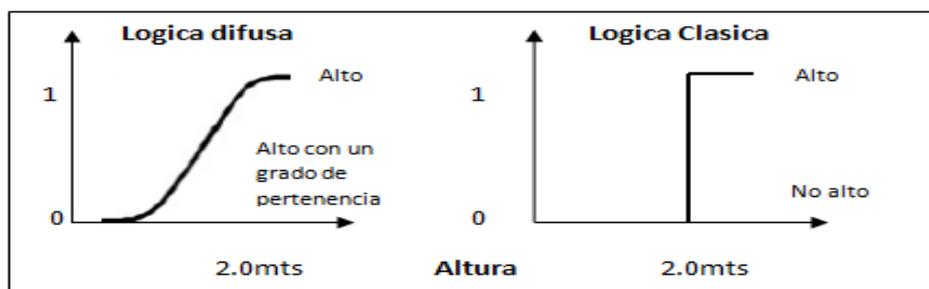
Zadeh quien fue uno de los pioneros en la aplicación de esta teoría con su formalización matemática de los conjuntos difusos, considera además que: Casi toda la lógica del razonamiento humano no es la lógica clásica de dos valores, o incluso de varios valores, sino una lógica de verdades difusas, de conjunciones difusas, de reglas de deducción difusas (Zadeh, 1996: 94).

Lo anterior se experimenta cotidianamente, al referimos a cualquier percepción, hacemos mención a infinidad de conjuntos difusos, es decir, a conceptos que no tienen fronteras nítidamente definidas o exactas, características que difícilmente podrían tener un solo valor numérico como por ejemplo: ‘delgado’, ‘alto’, ‘pertinente’, ‘veloz’, ‘lentamente’, ‘viejo’, ‘impactante’, lo anterior se ejemplifica con lo siguiente:

- Suponer el hecho que una persona puede ser considerada alta si mide más de 2.0 mts. pero, ¿qué pasaría con una persona que mide 1.99 mts?, ¿tendrá que ser considera una persona baja?

En la lógica clásica quedaría totalmente excluida del conjunto de personas altas. Lo que permite la lógica difusa, es encontrar un valor que indique en qué grado la persona que mide 1.99 mts, pertenece al conjunto de personas altas, pues es claro que dicha persona pertenecerá con mayor valor al conjunto de personas altas que al conjunto de personas bajas, lo anterior se aprecia en el cuadro 1.

Cuadro 1: Lógica Difusa vs. Lógica Clásica



Fuente: Elaboración propia.

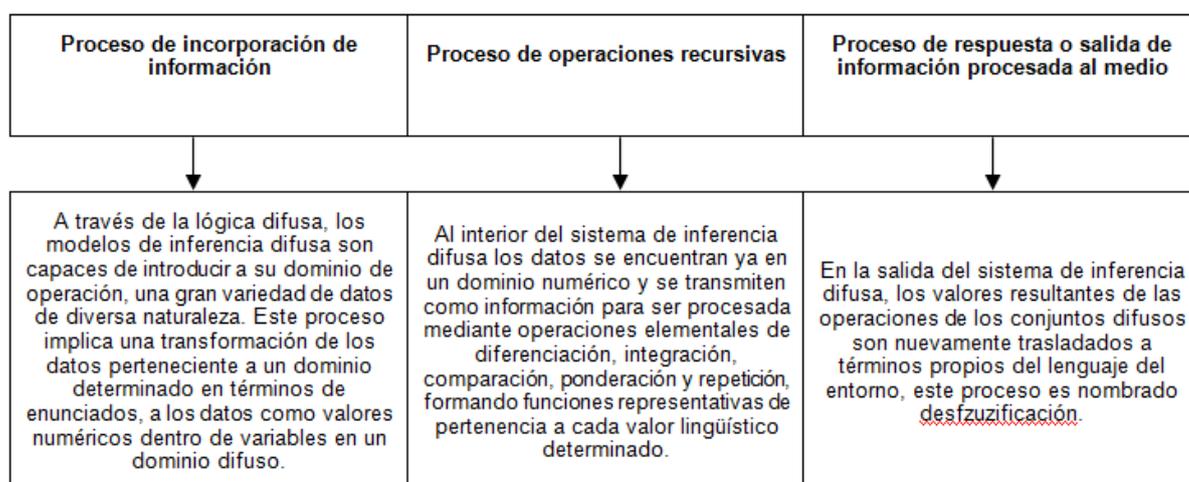
El término “difuso” como adjetivo de lógica, refiere a los grados de significancia o a valores en la medición de la incertidumbre de variables lingüísticas (posteriormente se explica con detalle este concepto); para estas representaciones lingüísticas se establecen correspondencias con valores numéricos en un conjunto entre cero y uno, estos conjuntos en unión con las etiquetas lingüísticas forman pares con los cuales se construye una función matemática con su correspondiente dominio y contra-dominio, dicha función contiene los grados de significancia de las etiquetas lingüísticas mediante las cuales pueden crearse los conjuntos difusos listos para desarrollar operaciones aritméticas.

Entonces, el modelo de inferencia difusa, es una forma de representar conocimientos y datos inexactos en forma similar a como lo hace el pensamiento humano (Jang, Mizutani y Sun, 1997: 23). El sistema de inferencia difusa es diseñado a partir de la correspondencia no lineal entre una o varias variables de entrada y una variable de salida; esto facilita una base desde la cual pueden tomarse decisiones o definir patrones que son representados por valores no exactos.

El cuadro 2 contiene de forma general, las etapas del procedimiento que se desarrolla en la aplicación de un modelo inferencia difusa las cuales son:

- **Fusificación.** Este elemento transforma las variables de entrada en variables difusas. Para la fusificación se debe tener definidos los intervalos de variación de las variables de entrada, así como los conjuntos difusos asociados con sus respectivas funciones de pertenencia.
- **Base de conocimientos.** Formada por una base de datos, que recoge la definición de las funciones de pertenencia de las entradas (agregado a ello, los grados de pertenencia); una base de reglas, que caracteriza y resume las políticas, y los objetivos del control de un experto por medio de un conjunto de reglas lingüísticas de control.
- **Área de decisión o Interferencia.** Realiza la tarea de calcular las variables de salida a partir de las variables de entrada, mediante reglas del controlador (base de reglas) y la inferencia difusa, entregando conjuntos difusos de salida.
- **Defusificación.** Este elemento provee salidas discretas y determinísticas a partir de los conjuntos difusos obtenidos de los resultados de inferencia.

Cuadro 2: Proceso para implementar la lógica difusa



Fuente: Elaboración propia a partir de la reseña mostrada en Amuzurrutia, 2006.

3. Principios básicos de la lógica difusa

Lo fundamental y su atractivo

Con la intención de exponer de forma sencilla y entendible los principios de operabilidad de la lógica difusa, antes de presentar las formas matemáticas que le caracterizan, se comienza con dos ejemplos prácticos de aplicación cotidiana con una y varias variables; esto con el objetivo de mostrar una primera aproximación en la implementación de la lógica difusa en condiciones sociales.

Como primer ejemplo piénsese en un joven que tiene el deseo de estudiar una carrera universitaria y se encuentra en la búsqueda de la institución educativa más adecuada bajo sus preferencias y limitantes, en primer momento el joven se preocupa por la cercanía de la institución educativa (I.E.), costos de colegiatura no excesivos y que la I.E. donde estudiará sea una institución educativa de excelencia.

- A. Se conoce algunas de las preferencias del joven, se sabe que para él la cercanía está representada por no más de 30 minutos de distancia viajando en transporte público, una escuela con costos no excesivos es la que cuesta menos de mil pesos mexicanos mensuales, y que considera una I.E. de excelencia si esta cuenta con 15 años como mínimo ofreciendo una oferta académica.
- B. A primera vista se perciben 3 variables para las cuales es difícil distinguir con exactitud su valor, pues aluden a una variedad de parámetros posibles y la asignación de un valor numérico será dependiente de las preferencias del joven, es decir 3 variables difusas:
- Cercanía de la I.E.
 - Costos no excesivos
 - Institución de excelencia (años de antigüedad)

Las anteriores son tres variables lingüísticas, definidas de esta forma debido a que no constituyen una cuantificación con valores únicos, es decir, se describen a partir de aproximaciones subjetivas y diferenciadas, dependientes totalmente del individuo que las experimenta, lo que algunos podrían definir como cerca, costoso o excelente, para otros podría encontrar variaciones contundentes.

- C. Se conoce las características de cuatro Instituciones educativas, presentadas en el cuadro 2.

Cuadro 3. Características de las 4 instituciones educativas

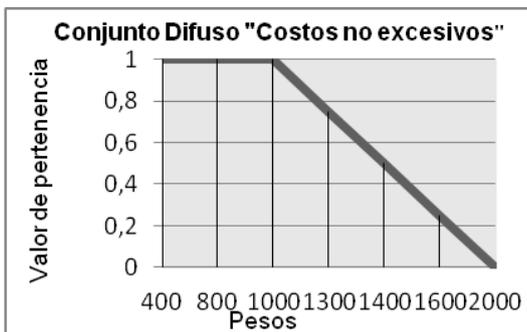
	Costo (\$)	Cercanía (minutos)	Años de antigüedad
I.E 1	1400	20	3
I.E 2	800	60	12
I.E 3	1000	40	7
I.E 4	1300	8	8

Fuente: Elaboración propia.

- D. Según el planteamiento deberán ser interceptados los conjuntos, así mediante la solución de lógica clásica se impone que:
- Costos \leq 1000 pesos
 - Distancia \leq 30 minutos
 - Años de antigüedad \geq 15 años

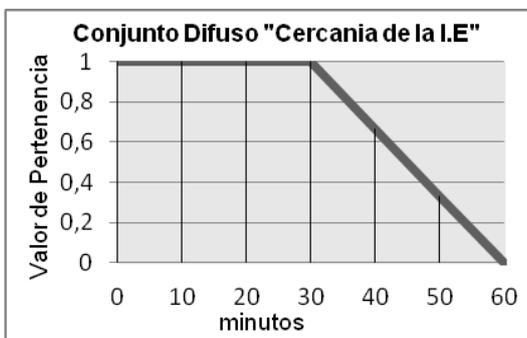
- E. De acuerdo con las preferencias del joven se pueden construir las siguientes gráficas que representan los conjuntos difusos de cada variable en análisis:

Gráfico 1. Conjunto difuso costos no excesivos



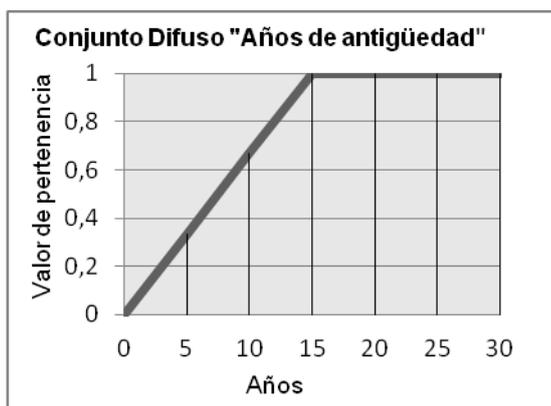
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2. Conjunto difuso cercanía de la I.E



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3. Conjunto difuso años de antigüedad



Fuente: Elaboración propia.

- F. Al hacer una evaluación de acuerdo a las preferencias del joven y las características de cada I.E. mediante cada tipo de lógica, se muestran los resultados en los cuadros 4 y 5:

Cuadro 4. Solución Clásica

	Costo	Cercanía (minutos)	Años de antigüedad	Solución Clásica
I.E 1	0	1	0	0
I.E 2	1	0	0	0
I.E 3	1	0	0	0
I.E 4	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5. Solución Difusa

	Costo	Cercanía (minutos)	Años de antigüedad	Solución Difusa
I.E 1	0.09	1	0.2	0.09
I.E 2	1	0.65	0.68	0.65
I.E 3	1	0	0.45	0
I.E 4	0.75	0	0.5	0

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que mediante la solución clásica el joven no hubiera asistido a ninguna institución educativa a realizar sus trámites para estudiar su carrera universitaria, esto debido a que con el análisis de las variables en cuestión mediante la lógica clásica no se tiene acceso a sin embargo mediante la solución difusa hubiese acudido a la institución número dos con una alternativa más, que sería la institución uno. Es decir, mediante el uso de la lógica difusa se puede obtener resultados que representan la realidad de forma más exacta, bajo un proceso de clasificación continuo.

Al igual que como fue excluida la persona que medía 1.99 mts. del conjunto de personas altas en el ejemplo anteriormente mencionado, aquí el joven queda excluido de cualquier posibilidad de ingresar a realizar sus estudios si el análisis hubiera sido realizado mediante la lógica clásica, la lógica difusa permite encontrar un valor que determine el grado exacto en el que el joven puede tener alternativas de decisión bajo su propia perspectiva.

El resultado anterior es una evidencia puntual de que no siempre el análisis de los fenómenos sociales puede realizarse bajo esquemas de la lógica convencional, pues los elementos de subjetividad en la determinación de los valores de cada variable propician indeterminación.

Entonces, se hace notar que la lógica mediante el uso de conjuntos difuso permite introducir cada variable en un rango de posibles soluciones, donde la subjetividad o particularidad de cada individuo tendrá una alternativa de solución más amplia. Esto es, Con la aplicación de la lógica difusa al proceso de conocimiento conseguimos una correspondencia que alcanza una mayor precisión en relación con la realidad estudiada, en este sentido ofrece un nuevo modo de conocer dicha realidad, de construirla conceptualmente, a partir de operaciones lógicas que no responden a la estadística de la probabilidad tampoco a la frecuencia de un fenómeno, sino que construyen el razonamiento en términos de posibilidades.

Como segundo ejemplo, se considera la variable "juventud" del joven del ejemplo anterior, esta variable no representa un valor exacto sino que hace alusión a un grupo de edades/valores posible, por tal razón propicia un grado de incertidumbre, indeterminación o vaguedad si la edad no es especificada.

1. Al tratar de asignar una representatividad que facilite el mensurado de esta variable, se establecen algunos grados de significancia determinados por etiquetas lingüísticas:
 - Poco antes de ser joven
 - Muy joven
 - Joven
 - A punto de dejar de ser joven
 - No es joven

2. Ahora se establece un valor para cada etiqueta lingüística determinado entre cero y uno, los valores pueden ser asignados mediante procesos simples de interpolación matemática o con referencia a la experiencia del investigador y el conocimiento del objeto de estudio, en realidad lo que se busca es tener parámetros precisos para la construcción de las funciones de pertenencia mediante las cuales se obtendrán los conjuntos difusos:

Cuadro 6: Funciones de pertinencia valor numérico y etiqueta lingüística

Valor numérico	Variable Lingüística
0	Poco antes de ser Joven
0.25	Muy Joven
0.5	Joven
0.75	A punto de dejar de ser Joven
1	No es Joven

Fuente: Elaboración Propia.

3. Así, a los conjuntos difusos etiquetados ya con una valor numérico, se les puede asignar un rango de valores para su operacionalidad en el manejo del álgebra difusa, esto permitirá manejar los conjuntos difusos ya en contextos matemáticos:

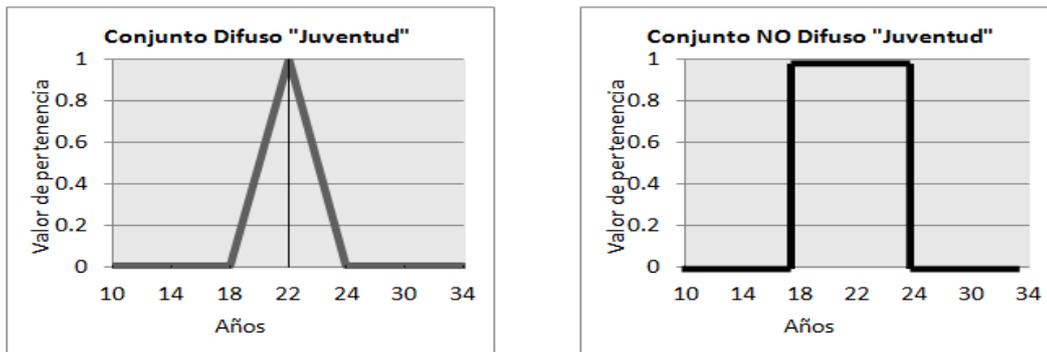
Cuadro 7: Conjuntos difusos

Valor numérico	Variable Lingüística	Rangos de cada conjunto difuso
0	Poco antes de ser Joven	Antes de cumplir 14 años
0.25	Muy Joven	De 14 a 18 años
0.5	Joven	De 18 a 24 años
0.75	A punto de dejar de ser Joven	De 24 a 28 años
1	No es Joven	De 28 años en adelante

Fuente: Elaboración Propia

4. La graficas siguientes muestran la representación no difusa y difusa de la variable "Juventud", puede notarse que para la función no difusa se es joven solamente de los 18 a los 24 años con valor único, fuera de este rango no se tiene ningún dato que se relacione a la variable; para la gráfica difusa, a pesar de encontrarse en términos discretos, matiza los valores acercándose a un dominio continuo, de tal forma que tanto en el conjunto "juventud" como para cualquier otro, se cuenta con varios valores que representan la proporción en la que determinada edad pertenece gradualmente a la variable "juventud".

Gráfico 5 y 6. Conjunto difuso y no difuso de juventud



Fuente: Elaboración propia.

Se puede notar en este par de gráficas, la amplitud de valores numéricos con relación al conjunto difuso “juventud” que se pueden obtener mediante el uso de la lógica difusa, es síntesis, si una persona se encontrará en el onceavo mes de sus 17 años de edad, restando solamente un mes para cumplir los 18 años, mediante el análisis de lógica clásica, quedaría totalmente excluido del conjunto difuso “juventud”, sin embargo, al usar lógica difusa, podemos encontrar un valor que represente la pertenencia en un grado determinado al dicho conjunto, lo que facilita tener mayor asertividad y un muy estrecha relación con la realidad.

Mostrados estos ejemplos, pasemos a algunas formas matemáticas de la lógica difusa.

4. Los conjuntos difusos y su representación

Expresiones matemáticas

La representación matemática de un conjunto difuso cuando X es una colección de objetos denotados por x, $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots\}$, así un subconjunto difuso A en X es un conjunto de pares ordenados:

$$A = \{x, \mu_A(x), | x \in U\}$$

Donde $\mu_A : \rightarrow [0,1]$ es la función de pertenencia, $\mu_A(x)$ es el grado de pertenencia de la variables x y U es el dominio de la aplicación, en términos difusos es lo referente al universo de estudio, es decir, mientras más cercano sea el valor de “A” a la unidad, mayor será la pertenencia del objeto x al conjunto A.

El rango de la función de pertenencia puede ser un conjunto de números reales no negativos, aunque sea práctica general que la función de pertenencia esté definida entre 0 y 1 como $X \mu_A(x) \rightarrow [1,0]$.

Cuando el universo de estudio esté configurado de forma continua o discreta, serán representados respectivamente por las siguientes ecuaciones:

$$A = \int_x \frac{\mu_A(x)}{x} \qquad A = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_A(x_i)}{x_i}$$

5. Las Variables lingüísticas

Etiquetas no numéricas

Se denomina variable lingüística a aquella que puede tomar por valores términos del lenguaje natural, como edad, peso, altura, daño, capacidad, vulnerabilidad, pertinente, nada, poco,

mucho, positivo, negativo, bueno, malo, etc., las cuales a su vez son las que hacen el papel de etiquetas en un conjunto difuso.

En cada entrada del sistema difuso se ha de identificar la correspondiente etiqueta lingüística que define la salida informativa. Cada una de las n variables de entrada y la de salida han de repartirse en conjuntos difusos específicos con unos significados. Así, podrán ser definidos diversos conjuntos difusos, todos distintos, en la variable de salida. Lo mismo se puede hacer con el resto de las otras variables involucradas en el proceso y sus salidas. Cada conjunto difuso debe llevar asociado a él una etiqueta lingüística (García y Lazzari, 2000: 84).

6. Aplicaciones de la lógica difusa en la investigación social

De la abstracción a la practicidad

La utilización de los conjuntos difusos en las ciencias sociales en comparación con las aplicaciones en las ciencias de ingeniería y control ha sido realmente escasa, sin embargo algunos investigadores sociales han comprendido lo elemental de crear sistemas difusos para el entendimiento de fenómenos sociales.

Algunos de estos trabajos empíricos en el área de las ciencias sociales han aplicado los conjuntos difusos en el uso de categorías difusas en los ítems de una escala de Likert, así como en todas las aplicaciones que directa o indirectamente se hacen de la misma, como sería la técnica de la rejilla de Kelly para la exploración de los constructos personales (Feixas y Cornejo, 1996). Esta aplicación es una idea básica después de comprender que muchas variables que se analizan en cualquier investigación sencillamente no son nítidas y se debe considerar lo vago del valor que podría tomar determinada variable.

Así mismo, Gil Quesada (1990), aplica los conjuntos difusos a la medición (evaluación) escolar. Para ello elabora un examen con una serie de ítems puntuados según una valoración continua (de 0 a 1). Con esta aplicación difusa, Gil Quesada accede al cálculo de una serie de nuevos índices, como son: (1) el índice de suficiencia nítida: % de alumnos del grupo que obtienen una puntuación superior al punto de corte nítido; (2) el índice de suficiencia difusa: probabilidad de que un alumno supere el examen si consideramos la función de pertenencia como función de probabilidad; (3) el índice de borrosidad: % de alumnos del grupo que están nítidamente clasificados.

En las conclusiones de esta investigación se hace explícita la elevada potencialidad de la teoría de la lógica difusa para establecer las zonas de corte difusos, misma que hace posible resolver las paradojas ligadas a la visión de lógica clásica. El diseño y tratamiento que se le da a los ítems de los cuestionarios aplicados son bajo las condiciones de la lógica difusa, lo que deriva en adecuados instrumentos analíticos para las valoraciones finales de los datos obtenidos. Argumenta el autor constatar la potencialidad analítica de las relaciones difusas y la potencialidad de los métodos sin la necesidad de complejos programas informáticos.

Asimismo, Lynch y Valosso (1993), proponen un modelo de medición del nivel de Seguridad Jurídica (S.J.) de un país, que se pueden obtener niveles de comparación con resultados económicos, de tal forma que es posible conocer la exacta incidencia de la S.J. en el desarrollo, al ajustar las variables y proyectar para el futuro. Dicho modelo da soporte para la construcción de una teoría más completa que explique las relaciones S.J. y Crecimiento Económico (C.E.), tanto en el plano analítico como en el nivel de contrastaciones empíricas, con la creación de algoritmos basados en la Teoría de los Conjuntos difusos.

De igual forma, Morales (2008), aplica la teoría de conjuntos difusos para medir la pobreza en México mediante tres dimensiones: pobreza monetaria, pobreza no monetaria de bienes privados; y pobreza no monetaria de bienes públicos. Emplear estas tres dimensiones facilita construir una membresía conjunta, con la cual es posible clasificar la pobreza latente y no pobreza, lo cual se lleva a cabo para los tres tipos de pobreza oficial empleados en México, para las zonas urbanas, rurales, y para el total de hogares y de individuos en México para el período 1994-2006. Además, se calculan intervalos de confianza para cada estimación, con lo que es posible establecer si se presentaron cambios estadísticamente significativos a través del tiempo.

González, Flores y Chagolla (2006) realizaron una propuesta metodológica para seleccionar personal y la pusieron en práctica a un caso específico, mediante el uso del conjunto difuso referencial, la participación de expertos y la asignación de valores a las estimaciones en el intervalo [0,1] con base en las opiniones de los conocedores del requerimiento del personal y los perfiles de los candidato. Una vez establecido el subconjunto difuso, el proceso consiste en comparar las cualidades o competencias exigidas para cada puesto vacante de trabajo "la conformación ideal" con las poseídas por cada uno de los candidatos al mismo, de esta forma se obtiene valores numéricos para el subconjunto difuso donde utilizaron una "escala semántica", la cual es transformada en conjuntos difusos: (1) perfecto, (0.9) muy bueno, (0.8) bastante bueno, (0.7) bueno, (0.6) casi bueno, (0.5) regular, (0.4) casi malo, (0.3) malo, (0.2) bastante malo, (0.1) muy malo, (0) pésimo.

Smithson (1987), plantea otra aplicación de la lógica difusa en la construcción de un cuestionario acerca del consumo de drogas. Se utilizan variables difusas para recoger las respuestas (cualitativas) de dicho cuestionario. Concretamente, analiza la distribución de posibilidad que se "esconde" tras las respuestas pre-categorizadas de "algunas veces" o "unas pocas veces" ante la pregunta "¿cuántas veces has consumido drogas?".

Estas son sencillamente algunas de las aplicaciones realizadas que comprueban la potencialidad de la lógica difusa para la disminución de elementos que propician vaguedad en el dato pues según Zadeh (1965), lo difuso es algo inherente en el conocimiento humano, no algo omisible de la realidad como si fuera defecto; y que por lo tanto debe ser un componente esencial en cualquier teoría social.

Como puede notarse en la breve revisión de trabajos presentada anteriormente, la teoría y aplicación de la lógica difusa ha logrado implementarse en las condiciones de análisis de fenómenos sociales cada vez con mayor ímpetu, sin embargo, es escasa o quizá nula la utilización de la lógica difusa para la evaluación de políticas y programas públicos como parte de la realidad social, por esta razón el presente trabajo pretende introducir al entendimiento de la teoría y aplicación de la lógica difusa para posteriormente presentar los alcances empíricos de la investigación.

7. Lógica difusa para la evaluación de política y programas públicos

La evaluación en el marco de los fenómenos sociales

Con todo lo mencionado anteriormente, la propuesta que se plantea, es el uso de la lógica difusa como un enfoque mediante el cual se pueda aproximar a la realidad que experimenta el proceso de evaluación de políticas y programas sociales.

Los procesos de evaluación "per se" dentro del marco de la investigación social, constituyen un amplio espectro de vaguedad e incertidumbre, a partir del involucramiento y consideración de elementos característicos de estos procesos, como pueden ser: la "percepción de impactos", los aspectos de "eficacia", variables plenamente susceptibles a la vaguedad como es la "pertinencia", la "calidad" de dichos programas evaluados entre algunas más.

De esta forma el uso e implementación de la lógica difusa en el proceso evaluativo, actuara como principal benefactor en la reducción de los aspectos de imprecisión, de tal forma que se logre acceder de manera más cierta y exacta al análisis y evaluación de cada política o programa evaluado.

El objetivo principal en la implementación de modelos difusos para evaluación, será tratar los elementos imprecisos de manera sistemática, aunque no necesariamente cuantitativa, pues los elementos claves en el actuar real y de los procesos de evaluación donde intervienen beneficiados de programas y políticas, no son números sino rótulos (conceptos). Los cuales contienen clases de objetos en donde se puede calcular con mayor precisión la pertenencia de cada objeto al conjunto, esto de forma gradual y no abrupta como en la lógica convencional.

Dos principales y elementales etapas de cada proceso de evaluación son: la obtención de los datos y el correspondiente tratamiento de los mismos. En la Teoría convencional de los

Conjuntos o lógica bivalente, la función característica de un conjunto únicamente permite corresponder a dos valores: el valor de uno -en el caso de que el elemento pertenezca al conjunto- y el valor de cero -en el caso de que el elemento no pertenezca al conjunto-. Las bastas herramientas matemáticas existentes que son utilizadas en el enfoque tradicional de tratamiento y adaptación de datos construida a partir de la lógica bivalente, presuponen la precisión. Cuando se trabaja con problemas sencillos y bien definidos, este enfoque se adapta y, si está bien aplicada, genera resultados muy satisfactorios, sin embargo, para problemas complejos, que pueden contener una imprecisión intrínseca, las herramientas matemáticas basadas en la lógica clásica pueden no adaptarse (Letichevsky, 2004: 264).

Las dificultades existentes en la etapa de recopilación de datos también son significativas en la fase de tratamiento de la información, esto ocasionado por lo imprescindible que en una evaluación es establecer criterios de excelencia que sirven como parámetros para la elaboración de juicios de valor y que en realidad forman una base de reglas, generalmente fornecidas por especialistas, que son utilizadas para verificar si un resultado atiende o no a un determinado criterio (Letichevsky, 2004: 265).

Con la lógica difusa se puede tratar las cuestiones relacionadas a la imprecisión intrínseca que experimenta el proceso de evaluación, a partir de una herramienta para traducir matemáticamente reglas lingüísticas del tipo SI-ENTONCES. Un problema frecuente en la práctica de la evaluación es la falta de consenso entre los especialistas, lo que puede generar reglas contradictorias. Estas pueden ser incorporadas a una base de reglas y tratadas de manera adecuada en el ámbito de la lógica difusa.

La lógica difusa permite la creación de umbrales en lugar de las tradicionales líneas para el análisis de las variables analizadas, con esto se facilita el manejo del dato real, con toda la entropía posible, y permite la utilización de información subjetiva, vaga, incierta y difícil de tratar para su transformación en información entendible a la razón humana.

Entonces, tratar el problema de la imprecisión y la incertidumbre por medio de la lógica difusa es una opción que se considera bastante adecuada, pues posibilita (i) aceptar respuestas que indiquen el real entendimiento de los involucrados con relación a la atención de un determinado patrón, (ii) utilizar reglas lingüísticas fortalecidas por especialistas y, cuando sea necesario, incorporar reglas contradictorias en un mismo modelo y (ii) tratar con la imprecisión intrínseca que generalmente existe en problemas complejos como puede ser el caso de procesos de evaluación.

8. Conclusiones

Se pretende con esta propuesta construir un nuevo marco de análisis más flexible, un nuevo enfoque para realizar evaluación de programas públicos en el que los expertos podrán expresar sus valoraciones mediante términos en distintos dominios de expresión (numéricos y lingüísticos) dependiendo del conocimiento y la percepción de cada uno de ellos.

Este nuevo marco para el análisis de programas sociales, pretende tener un impacto positivo en la disminución del sesgo en los datos ocasionado por la subjetividad e incertidumbre, al permitir una mayor expresividad de los expertos y por tanto conseguir resultados más ajustados y fiables, esto con el diseño de un modelo de inferencia difusa de análisis de programas sociales, capaz de tratar la información no homogénea del marco de análisis y de manejar la incertidumbre de la información proporcionada por los expertos.

Con la lógica difusa se abre la posibilidad de dar solución a problemas planteados desde la perspectiva humana, y que por esta condición no pueden tener una solución única, desde lo falso o verdadero, sino que pueden tomar condiciones intermedias para dar soluciones intermedias a los problemas.

Los modelos de lógica difusa son altamente flexibles, más tolerantes a la imprecisión de los datos, así mismo no están obligados por presunciones estadísticas, acerca de las características de los datos y sus funciones de probabilidad. Y se puede modificar el modelo fácilmente dependiendo de la solución requerida.

Quando se cuenta con información imprecisa usar instrumentos estadísticos no es suficiente para obtener resultados significativos, de esta manera, la combinación entre un sistema difuso y la experiencia de los encargados de las tomas de decisiones es un excelente manera de obtener buenos resultados (Kosko, 1995: 34).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMOZURRUTIA, J. (2006) "Lógica Difusa y Redes Neuronales aplicadas a las Ciencias Sociales: un reto a la práctica interdisciplinaria", *Jornadas anuales de investigación 2005*. México: CEIICH, UNAM.

FEIXAS, G. y CORNEJO, J. (1996) *Manual de la técnica de la rejilla mediante el programa RECORD ver. 2.0*. Barcelona: Paidós.

GARCIA, P.; LAZZARI L. (2000) "La evaluación de la calidad en la universidad", *Cuadernos del CIMBAGE*, N° 003, Universidad de Buenos Aires, Argentina. Red de revistas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. p. 81-97.

GARCIA, R. (2011) "Interdisciplinaridad y sistemas complejos", *Revista Latinoamericana de las Ciencias Sociales* 2001, vol. 1 no. 1.

GIL QUESADA (1990) "La teoría de los conjuntos borrosos en la medición escolar". Tesis doctoral. Dpto. métodos de investigación y diagnóstico en educación. Barcelona: U.B.

GONZÁLEZ, S.; FLORES, B.; FLORES, J. y CHAGOLLA, M. (2006) "La distancia entre Hamming y Euclides como elementos estratégicos en las contrataciones empresariales en la incertidumbre". Ed. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México.

JANG, J., MIZUTANI, E. y SUN, C. (1997) *Neuro-fuzzy and soft computing: A computational approach to learning and machine intelligence*. New York: Printece Hall.

KOSKO, B. (1995) *El pensamiento borroso. La nueva ciencia de la lógica borrosa*. Barcelona: Grijalbo Mondadori.

LAZZARI, L., MACHADO E., PÉREZ R. (2000) "Los conjuntos borrosos una introducción". Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires, Cuaderno N° 9.

LETICHEVSKY, A. C. (2004) "La categoría precisión en la evaluación y en la meta evaluación: aspectos prácticos y teóricos". *CONFERENCIA DE RELAC*. Lima: UNESCO.

LYNCH, H. M. y VASSOLO, R. (1993) "Medición de la seguridad jurídica. Planteo de un método o test de medición de la seguridad jurídica en relación con el crecimiento económico, aplicación de la teoría de los conjuntos borrosos". *XXVII reunión anual de asociación argentina de economía política Tucumán*. Argentina. p. 129-154.

MORALES, R. M. A. (2008) "La teoría de conjuntos difusos como una Opción para Medir la Pobreza: el Caso Mexicano", *El trimestre Económico*, N° 299, p. 641-662.

MUNNÉ, Frederic (1995) "Las teorías de la complejidad y sus implicaciones en las ciencias del comportamiento", *Revista interamericana de psicología*, 29, 1, p. 1-12.

SMITHSON, MICHAEL (1987) *Fuzzy set Analysis for Behavioral and Social Sciences*. N.Y.: Springer-Verlag.

UHARTE POZA, L. M. (2009) "Política social en Venezuela: ¿un nuevo paradigma?". Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Políticas y Sociología, Departamento de Ciencias Política y de la Administración.

ZADEH, L. A. (1965) "Conjuntos borrosos". Department of Electrical Engineering and Electronics Research Laboratory, University of California, Berkeley, California. Por E. Renedo y S. Guadarrama. *Traducido del artículo "Fuzzy Sets", publicado en 1965.

_____ (1996) "Nacimiento y evolución de la lógica difusa, el soft computing y la computación con palabras: un punto de vista personal". *Psicothema*, N° 8, vol. 2, p. 421-429.

Autores.

Lucio Flores Payán

Universidad de Guadalajara. México.

Doctorante del programa en Ciencias Económico- Administrativas de la Universidad de Guadalajara. Profesor titular A en el Centro de Enseñanza Técnica Industrial.

E-mail: florespayan@hotmail.com

Margarita Camarena Luhrs

UNAM. México.

Investigadora de la UAER, sede de la Coordinación de Humanidades de la UNAM.

E-mail: margarita@humanidades.unam.mx

Citado.

FLORES PAYÁN, Lucio y CAMARENA LUHRS, Margarita (2013) "Evaluación de programas públicos en el marco de la realidad social, metodología basada en la lógica difusa como instrumento para el análisis de fenómenos sociales". *Revista Latinoamericana de Metodología de la Investigación Social - ReLMIS*. N° 5. Año 3. Abril- Septiembre 2013. Argentina. Estudios Sociológicos Editora. ISSN 1853-6190. Pp. 8 - 23. Disponible en: <http://www.relmis.com.ar/ojs/index.php/relmis/article/view/58>

Plazos.

Recibido: 17 / 05 / 2012. Aceptado: 07 / 12 / 2012.