



Nóesis. Revista de Ciencias Sociales y  
Humanidades  
ISSN: 0188-9834  
[nosis@uacj.mx](mailto:nosis@uacj.mx)  
Instituto de Ciencias Sociales y Administración  
México

Flores Payán, Lucio; Vallejo, J. Refugio  
Evaluación de políticas y programas sociales mediante lógica difusa  
Nóesis. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades, vol. 24, núm. 47, enero-junio, 2015, pp. 82-113  
Instituto de Ciencias Sociales y Administración  
Ciudad Juárez, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85932588005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](http://redalyc.org)

## RESUMEN

El objetivo principal del presente documento es el de presentar una caracterización de la evaluación de política pública y en específico de programas para el desarrollo social, como es el caso del Programa HÁBITAT, proponiendo una forma alternativa a la práctica común de evaluación, al presentar una metodología basada en la teoría de la lógica difusa y sus aplicaciones. Los resultados evidencian dos elementos prioritarios, el primero de ellos, es el alcance en el impacto que el Programa Hábitat ha logrado en sus espacios de intervención (polígonos), el segundo, es la relevancia de utilizar la teoría de la lógica difusa para la comprensión de fenómenos de decisión política y aplicación práctica dirigida al bienestar y el interés social.

*Palabras claves: evaluación, programas sociales, lógica difusa, realidad social.*

## ABSTRACT

The main objective of this paper is to present a characterization of the evaluation of public policy and specific programs for social development, such as the HÁBITAT Program, proposing an alternative to the common practice of evaluation by presenting a methodology based on fuzzy logic theory and its applications. The results show two priority items, the first of them is the extent to impact the Hábitat Program has achieved in their areas of intervention, the second is the relevance of using the theory of fuzzy logic to the comprehension phenomena of political and practical application addressed to the welfare and social interest.

*Keywords: evaluation, social programs, fuzzy logics, social reality.*

# Evaluación de políticas y programas sociales mediante lógica difusa

Evaluation of social  
policies and programs  
using fuzzy logic

*Lucio Flores Payán<sup>1</sup>, J. Refugio Vallejo<sup>2</sup>*

- 
- 1 Nacionalidad: Mexicana. Grado: Doctorado en Ciencias Económico Administrativas. Especialización: Política Pública, Evaluación de Políticas. Adscripción: Profesor del Centro de Enseñanza Técnica Industrial (CETI). Profesor del departamento de políticas públicas. Universidad de Guadalajara, sede Centro de Ciencias Económico Administrativas. Correo electrónico: florespayan@hotmail.com
- 2 Nacionalidad: Mexicana. Grado: Doctor en Ciencias con Especialidad en Electrónica, CIMAT-CINVESTAV, Instituto Politecnico Nacional(IPN). Especialización: Economía y Finanzas. Adscripción: Director del Departamento de Economía y Finanzas División de Ciencias Económico Administrativas Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato. Correo electrónico: cuco@ugto.mx

Fecha de recepción: 5 de febrero de 2013

Fecha de aceptación: 12 de junio de 2013

## Introducción

**L**a evaluación de política pública y específicamente de su materialización vista en los programas sociales, trata de ser al paso de los días una práctica habitual para la mayoría de los gobiernos y sociedades en general, proponiéndose como un tipo de insumo para la toma de decisiones. En la actualidad, existe una amplia variedad metodológica para el análisis y evaluación de programas sociales, sin embargo, la realidad social en extremo compleja requiere de un pensamiento más fuerte y de poderosos instrumentos analíticos capaces de comprenderla. Por ello, la aplicación de elementos alternativos como es el caso de la teoría de la lógica difusa —y sus usos—, pueden ser muy útiles para tratar fenómenos sociales porque proveen de una comprensión abstracta y al mismo tiempo de instrumentos prácticos, con los cuales se reducen los aspectos de incertidumbre y vaguedad de las decisiones del pensamiento humano y así se orienta o, aún más, redirige la intervención social para mejorar la visión analítica en la evaluación de programas sociales.

El presente documento encuentra el sustento principal en la idea de contribuir de manera general en el conocimiento y entendimiento de la realidad social, entendiendo ésta como un marco de referencia en el que se sitúa la evaluación de política pública y en particular la de política y programas sociales.

El uso de la lógica difusa en este trabajo radica en la facultad de manejar información imprecisa e incompleta, para este caso es la evaluación del Programa Hábitat, los datos con los cuales se construyó el Índice de impacto y que son descritos posteriormente, presentaron estas características de precariedad al no encontrarse continuidad en todo el periodo de análisis, así como la imprecisión al emplear indicadores cualitativos como lo son el grado de marginación y de rezago social.

Por lo que, esta propuesta es 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 usada la teoría de la lógica difusa, misma que mediante sus funciones de pertenencia, su aritmética difusa y el establecimiento de

los cortes difusos (que después son explicados), hagan posibles construcciones de certeza creciente bajo explicaciones operacionalizadas, de tal forma que se logren certezas prolongadas en las condiciones heterogéneas del fenómeno analizado.

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 introducir a las representaciones de los conjuntos difusos y sus expresiones matemáticas, 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, demostrándolo con los resultados obtenidos en la aplicación empírica realizada al objeto de estudio, el cual fue el Programa social Hábitat.

## ***1. 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 (García y Lazzari, 2000: 84).

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 commensurar y especificar aspectos que el pensamiento humano podría asignar a una variedad de valores numéricos y por tal razón, difícilmente cuantificables.

Zadeh, quien fue uno de los pioneros en la aplicación de esta teoría con su formalización matemática de los conjuntos difusos, considera además que 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: 423).

Lo anterior se experimenta cotidianamente, al referirnos 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 podría tener un solo valor numérico como por ejemplo: ‘delgado’, ‘alto’, ‘pertinente’, ‘veloz’, ‘lentamente’, ‘viejo’, ‘impactante’”.

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 que se construye una función matemática con su correspondiente dominio y contradominio, dicha función contiene los grados de significancia de las etiquetas lingüísticas mediante las cuales pueden crearse los conjuntos difusos listos para desarrollar operaciones aritméticas.

El modelo de inferencia difusa es un modo de representar conocimientos y datos inexactos 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.

### **1.1 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  $\mu_A: [0, 1]$  es la función de pertenencia,  $\mu_A(x)$  es el grado de pertenencia de las 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  $X \rightarrow [1, 0]$ .

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

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

## ***2. 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. La investigación de fenómenos sociales, y en específico el examen 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.

Así 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, asimismo 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: 66).

En realidad esta complejidad se encuentra no tanto en el propio objeto de estudio, sino en la forma como éste 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 está 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 etcétera” (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 Amuzurrutia, es necesario hacer una verdadera reflexión sobre el significado que se asigna al número en las conjetas estadísticas. En virtud de la necesidad de hacer más explícita la intervención del científico o investigador, es fundamental descubrir elementos que faciliten la construcción de argumentos que propicien una continuidad objetiva y racional en las inferencias de cada investigación (Amuzurrutia, 2006: 122).

### ***3. Lógica difusa para la evaluación de política y programas públicos***

#### *La evaluación en el marco de los fenómenos 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.

En este contexto, el uso y aplicación de la lógica difusa en el proceso evaluativo, actuará como principal benefactor en la reducción de los aspectos de imprecisión, para que se logre acceder de manera más cierta y exacta al análisis y evaluación de cada política o programa determinado.

El objetivo principal en el manejo de modelos difusos para evaluación, será tratar los elementos imprecisos de modo sistemático, aunque no necesariamente cuantitativo, pues los elementos claves en el actuar real y de los procesos de evaluación donde intervienen beneficiarios de programas y políticas, no son números sino rótulos (conceptos) que contienen clases de objetos en donde se puede calcular con mayor precisión la pertenencia de cada uno de éstos al conjunto, 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 vastas 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 aplica-

do, 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 *et al.*, 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 es en una evaluación 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 fortalecidas por especialistas, que son utilizadas para verificar si un resultado atiende o no a un determinado criterio (*Ibid.*).

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.

Entonces, tratar el problema de la imprecisión y la incertidumbre por medio de la lógica difusa es una opción que se considera bastante oportuna, 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 (iii) tratar con la imprecisión intrínseca que generalmente existe en problemas complejos como puede ser el caso de procesos de evaluación.

#### ***4. Caso de estudio: Hábitat y su evaluación mediante un modelo basado en lógica difusa, los datos e indicadores***

El crecimiento demográfico en México, ha propiciado que muchos hogares pobres se hayan asentado en terrenos irregulares que no cuentan con los servicios de infraestructura básicos. Esta ocupación irregular del suelo también ha creado dificultades para el desarrollo sustentable del núcleo urbano, y ha contribuido al incremento del rezago social.

De esta forma es que en el Sistema Urbano Nacional (SUN), existen marcados contrastes entre las zonas rezagadas y las zonas privilegiadas,

lo que ha creado una división en las ciudades. Los hogares carentes de las necesidades básicas, han tendido a concentrarse en ciertas áreas urbanas, formando con ello conglomerados o polígonos de hogares pobres. Esto a partir de la idea de que la segregación socioresidencial, entendida como la limitante en el acceso de los pobres a las oportunidades que ofrecen las ciudades y zonas metropolitanas, propicia el aislamiento y favorece la transmisión intergeneracional de la pobreza.

Por lo anterior, el Programa Hábitat nace como una medida para combatir el rezago social existente en estas zonas marginadas urbanas en México. La Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), encargada de dirigir el programa desde el año 2003, cuyo objetivo ha sido de combatir la pobreza urbana mediante un modelo integral que combina acciones de mejoramiento de infraestructura básica y equipamiento de las zonas urbanas marginadas, desde el apoyo a la entrega de servicios sociales y acciones de desarrollo comunitario.

Este modelo se privilegia debido a que posibilita la concurrencia de esfuerzos y recursos de los tres niveles de gobierno; federal, estatal, y municipal. El Programa Hábitat define como su población objetivo, las zonas de Atención Prioritaria (ZAP) o polígonos, que son localidades por municipios, en los que la mayoría de los hogares están en situación de pobreza patrimonial y presentan un déficit de infraestructura y equipamiento urbano.

En este sentido, el programa constituye una iniciativa del gobierno federal que busca superar los rezagos sociales, territoriales y ambientales en las zonas urbano-marginadas. Para tal efecto, el diseño del programa se articula con los objetivos de la política social, asimismo con los de la política de desarrollo urbano.

Para la evaluación del Programa Hábitat se consideran tres etapas fundamentales, a) la primera de ellas es la identificación de la población objetivo de análisis, la cual se conformó por 344 polígonos –dichos polígonos son los que se establecen en la tabla 2–, la determinación para la selección de los polígonos de análisis del total de polígonos intervenidos, radicó en el hecho de haber cubierto el periodo 2005-2010 de forma constante bajo la participación de Hábitat, b) la segunda etapa se constituyó por la fijación de los indicadores o atributos mediante

los cuales se evaluó el impacto del Programa Hábitat y son explicados en la tabla 1:

**Tabla 1. Indicadores usados para el cálculo de índice de impacto.**

	Atributo	Variable del censo 2005 y del conteo 2010	Indicador
Indicadores de servicios para las viviendas en los polígonos	Agua potable	Porcentaje de hogares sin agua potable.	Cambio en el porcentaje de hogares sin agua potable del 2005 al 2010 (Indicador 1).
	Drenaje	Porcentaje de hogares que no cuentan con drenaje.	Cambio en el porcentaje de hogares que no cuentan con drenaje del 2005 al 2010 (Indicador 2).
	Electricidad	Porcentaje de hogares que no cuentan con electricidad.	Cambio en el porcentaje de hogares que no cuentan con electricidad del 2005 al 2010 (Indicador 3).
Indicadores de habitabilidad de las viviendas	Consolidación de la vivienda	Materiales de piso de la vivienda.	Cambio en el porcentaje de los materiales de construcción del piso de los hogares 2005 al 2010 (Indicador 4).
	Sanitario	Porcentaje de hogares que no cuentan con sanitario.	Cambio en el porcentaje de hogares que no cuentan con sanitario del 2005 al 2010 (Indicador 5).
	Hacinamiento	Número de personas de la vivienda / número de habitaciones para dormir.	Cambio en el porcentaje de hacinamiento del 2005 al 2010 (Indicador 6).

(Continúa...)

Atributo	Variable del censo 2005 y del conteo 2010	Indicador
Indicadores de mejora para los polígonos	Marginación	indicador de marginación por polígono analizado.
	Rezago social	Indicador de rezago social por polígono analizado.

Fuente: Elaboración propia.

- c) la tercer etapa contempló el cálculo del índice de impacto como función del número total de indicadores propuestos, lo cual las fuentes de datos para obtener la información que se utilizó en la construcción de los indicadores para el cálculo del índice de impacto, es derivada de los censos de población y vivienda, a partir de una etapa comparativa entre el periodo 2005-2010, así como de información proporcionada por el Programa Hábitat.

El índice de impacto se construye a partir de la adaptación del modelo teórico propuesto por Dagum y Costa (2004), que consiste en un primer conjunto:

$$A=\{a_1, \dots, a_i, \dots, a_n\}$$

El cual representa la población objetivo de análisis, que para el presente trabajo indican los polígonos donde ha intervenido el Programa Hábitat.

Un vector de orden k que representa los atributos o indicadores mediante los que se evaluará el impacto, en este caso son los indicadores de cambio mencionados en la tabla 1:

$$\text{O } X=(x_1, \dots, x_j, \dots, x_k)$$

Un tercer conjunto “Z” que representa el conjunto difuso “impacto”, el cual refiere al impacto del programa, de tal forma que cualquier miembro de  $A \in Z$  representa un grado de impacto, en al menos uno de los (k) indicadores de (X).

De esta forma,  $X_{ik} = M_z(X_k(ai))$  distinguirá el grado de pertenencia al conjunto difuso (Z) del polígono (i) con respecto al atributo (k) tal que  $0 \leq X_{ik} \leq 1$ , así:

$$X_{ik} \begin{cases} 0 & \text{si el indicador es nulo} \\ 1 & \text{si el indicador se encuentra al 100\%} \\ \text{entre } 0 \text{ y } 1 & \text{si el indicador encuentra un valor} \end{cases}$$

Después de especificar la forma de cálculo para el grado de pertenencia de cada atributo (k) del polígono analizado (i), el siguiente paso consiste en realizar una agregación de esos valores para la determinación de la función de pertenencia  $M_z(A_i)$  de cada polígono al conjunto difuso (Z), lo que indica el nivel de impacto de cada polígono como función ponderada de los (K) atributos, es decir expresa un concepto relativo de impacto y la función se define por:

(ecu. 1)

$$X_Z(a_i) = \sum_{j=1}^n \frac{x_{ik} w_i}{w_i}$$

(ecu. 2)

$$W_i = \log \left( \frac{\sum_{i=1}^n g(a_i)}{\sum_{i=1}^n x_{ik} g(a_i)} \right)$$

Donde:  $w_i$  es el peso adjunto del atributo (k) y nuevamente  $0 \leq M_z(a_i) \leq 1$ , y:

$$M_z(A_i) \begin{cases} 0 & \text{si el polígono } i \text{ no encuentra cambio en el indicador } k \\ 1 & \text{si el polígono } i \text{ no encuentra cambio en el total de indicadores entre } 0 \text{ y } 1 \\ \text{Si los indicadores del polígono } i \text{ encuentran un valor} & \end{cases}$$

Finalmente, el grado o tasa de impacto del total de los polígonos evaluados se calcula como una media ponderada de las funciones individuales de cada polígono perteneciente al conjunto difuso ( $Z$ )

(eju. 3)

$$M_Z = \sum_{i=1}^n \frac{M_Z(a_i) g(a_i)}{g(a_i)}$$

Asimismo se define el grado valorV de impacto del atributo ( $k$ ) para los ( $n$ ) hogares:

(eju. 4)

$$X_Z(a_i) = \sum_{k=1}^n \frac{x_{ik} w_i}{w_i}$$

También es posible encontrar los valores de impacto del  $k$ -éximo indicador en el impacto total. Del índice de impacto difuso (5) y de los pesos correspondientes a cada atributo (2), la contribución absoluta del atributo ( $k$ ) al índice de impacto queda definido como:

(eju. 5)

$$C_{M_Z}^k = \frac{M_Z(X_k) w_k}{\sum_{k=1}^n w_k}$$

Especificando el índice unidimensional del  $k$ -ésimo atributo para el  $l$ -ésimo grupo como:

(eju.6)

$$M_Z(X_k^l) = \frac{\sum_{i=1}^{nl} x_{ik}^l (g(a_i^l))}{\sum_{k=1}^n g(a_i^l)}$$

(eju. 7)

$$C_{M_Z}^k = \frac{M_Z(X_k^l) w_k}{\sum_{k=1}^n w_k}$$

## ***5. Aplicación del modelo teórico basado en lógica difusa para el cálculo del índice de impacto***

La aplicación del modelo antes descrito posibilitó: (a) medir el nivel relativo de impacto en cada polígono estudiado; (b) estimar un índice promedio de impacto de toda la población de polígonos. Para calcular lo anterior, se trabajó en el software matemático Matlab, en el cual se calcularon los valores fusificados para posteriormente ingresarlos a las ecuaciones del modelo.

Mediante la ecuación (1) del modelo y empleando (2) como ponderador  $w_k$  se determina la función de pertenencia  $\mu_Z(ai)$  del conjunto de indicadores por cada polígono al conjunto “impacto”, es decir, el nivel de impacto relativo de cada polígono. Luego se calcula el índice de impacto promedio de la población total utilizando (4). Para calcular los impactos por atributo se usa (5). Para obtener el índice de impacto del  $k$ -ésimo atributo para el  $1 - k$ -ésimo grupo se emplea (7).

De esta forma el índice de impacto para la totalidad de la población en estudio en donde intervino el Programa Hábitat es de  $\mu_Z = 0.364093498$ , lo que significa que de las variaciones entre los impactos por cada polígono permitieron al programa impactar en un 36.4% como porcentaje de cambio positivo o mejora en los polígonos. La tabla 2 expone el índice de impacto para cada polígono, y su clasificación mediante seis etiquetas lingüísticas: “muy malo”, “malo”, “regular”, “bueno”, “muy bueno”, “excelente”.

Polígonos	Índice de impacto	Clasificación Lingüística	Índice de impacto	Clasificación Lingüística	Polígonos	Clasificación Lingüística	Índice de impacto	Clasificación Lingüística	Polígonos
Aguascalientes	0.26336449	muy malo	Chiapas de Corzo	0.58842702	excelente	Lerdo	0.33201742	regular	
Calvillo	0.2419496	muy malo	Huixtla	0.62267041	excelente	Pueblo nuevo	0.37553618	bueno	
Jesús María	0.32467594	regular	Las Margaritas	0.48081351	excelente	Santiago papasquiaro	0.30000792	malo	
Pabellón de Arteaga	0.25751036	muy malo	Motozintla	0.6771011	excelente	Abasolo	0.40663098	bueno	
Ensenada	0.31593204	regular	Ocosingo	0.86431522	excelente	Acámbaro	0.33031981	regular	
Mexicali	0.37386715	bueno	Ocozocoautla de Espinosa	0.4549211	muy bueno	San Miguel de allende	0.43737197	muy bueno	
Tecate	0.4530828	muy bueno	Palenque	0.48952645	excelente	Celaya	0.28292585	malo	
Tijuana	0.48014048	excelente	Pichucalco	0.63839129	excelente	Cortazar	0.34944997	regular	

(Continúa...)

Índice de impacto	Clasificación Lingüística	Polígonos	Índice de impacto	Clasificación Lingüística	Polígonos	Índice de impacto	Clasificación Lingüística
0.54853274	excelente	Las Rosas	0.64950509	excelente	Dolores hidalgo cuna de la independencia nacional	0.45465909	muy bueno
0.31361408	malo	San Cristóbal de las Casas	0.44942055	muy bueno	Guanajuato	0.32884229	regular
0.49958793	excelente	Suchiapa	0.51225304	excelente	Irapuato	0.33665632	regular
0.3989447	bueno	Tapachula	0.37114723	bueno	Seón	0.30412838	malo
0.4139376	muy bueno	Tepicúa	0.59382917	excelente	Moroleón	0.25469421	muy malo
0.50502823	excelente	Tonalá	0.3128137	malo	Pénjamo	0.39362704	bueno
0.33419376	regular	Tuxtla Gutiérrez	0.36093286	regular	Salamanca	0.35197405	regular
0.37024663	bueno	Venustiano Carranza	0.62637489	excelente	San felipe	0.59956139	excelente

(Continúa...)

Índice de impacto	Clasificación n-nón Lingüística	Índice de impacto	Clasificación Lingüística	Índice de impacto	
				Polígonos	Clasificación Lingüística
Champotón	0.4385376	muy bueno	Villaflores	0.37137272	bueno
Escárcega	0.37954931	bueno	Yajalón	0.31848859	regular
Acuña	0.32181763	regular	Camargo	0.27777302	malo
Allende	0.30787222	malo	Cuauhitémoc	0.332111862	regular
Arteaga	0.43644949	muy bueno	Chihuahua	0.32658429	regular
Frontera	0.28970356	malo	Delicias	0.27078668	malo
General Cepeda	0.33243912	regular	Hidalgo del Parral	0.27430781	malo
Monclova	0.28695661	malo	Jiménez	0.28421919	malo
Piedras Negras	0.28441519	malo	Juárez	0.38618687	bueno
			San Francisco del rincón	0.34494445	regular
			San José iturbide	0.47490606	excelente
			San Luis de la paz	0.5210694	excelente
			Santa cruz de juventino rosas	0.45172336	muy bueno
			Silao	0.42230418	muy bueno
			Uriangato	0.26505995	muy malo
			Acapulco de juarez	0.37403224	bueno
			Arcelia	0.30403046	malo
			Atoyac de alvarez	0.4599715	muy bueno

(Continúa..)

Índice de impacto	Clasificaciónn-nón Lingüística	Polígonos	Índice de impacto		Clasificación Lingüística	Índice de impacto
			Clasificación Lingüística	Polígonos		
Ramos Arizpe	0.35045087	regular	Nuevo casas grande	0.42622763	muy bueno	Coyuca de benitez
Saltillo	0.28332266	malo	Azcapotzalcoo	0.29750996	malo	Chilapa de alvarez
Torreón	0.28197481	malo	Coyoacán	0.30766921	malo	Chilpancingo de los bravo
Armería	0.31529548	regular	Cuajimalpa de Morelos	0.29052651	malo	Huitzuco de los figueroa
Colima	0.32296297	regular	Gustavo A. Madero	0.28126932	malo	Iguala de la independencia
Comala	0.46087437	muy bueno	Iztapalapa	0.26836293	malo	Ometepec
Coquimatlán	0.37273797	bueno	La Magdalena Contreras	0.27509359	malo	Petzatlán
Cuauhtémoc	0.35432516	regular	Milpa Alta	0.22578137	muy malo	Pungarabato
Manzanillo	0.35079854	regular	Álvaro Obregón	0.29267564	malo	Taxco de alarcon

(Continúa...)

Índice de impacto	Clasificaciónn-nón Lingüística	Índice de impacto	Clasificación Lingüística	Índice de impacto	
				Polígonos	Clasificación Lingüística
0.35070997	regular	Tláhuac	0.24971435	muy malo	Tecpan de galeana
0.36601996	bueno	Tlalpan	0.26760628	malo	Teloloapan
0.29267537	malo	Xochimilco	0.29373377	malo	Tixtla de guerrero
0.1697042	muy malo	Cuauhtémoc	0.36874334	bueno	Tlapa de comonfort
0.50228224	excelente	Durango	0.32061415	regular	Eduardo Neri
0.42086245	muy bueno	Gómez Palacio	0.28441586	malo	Actopan
0.29996823	malo	Cuernavaca	0.37288335	bueno	Santo Domingo Tehuantepec
0.56587101	excelente	Emiliano Zapata	0.39888062	bueno	Acajete

(Continúa...)

Índice de impacto	Clasificación n-nón Lingüística	Polígonos	Índice de impacto		Clasificación Lingüística	Índice de impacto
			Clasificación Lingüística	Polígonos		
Huejutla de Reyes	0.35277969	regular	Jiutepec	0.37367864	bueno	Acatlán
Pachuca de Soto	0.30271385	malo	Puente de Ixtla	0.25231799	muy malo	Ajalpan
Tepéji del Río de Ocampo	0.26339112	muy malo	Temixco	0.34408469	regular	Amozoc
Tizayuca	0.37402889	bueno	Tlaltizapán	0.23685674	muy malo	Atlixco
Tlaxcoapan	0.27990244	malo	Tlaquiltzenango	0.2423284	muy malo	Cuautlancingo
Tula de Allende	0.25462016	muy malo	Xochitepec	0.29239177	malo	Chalchicomula de Sesma
Tulancingo de Bravo	0.25853353	muy malo	Yautepéc	0.3212242	regular	Chignahuapan
Arandas	0.39374546	bueno	Zacatepec de Hidalgo	0.23071262	muy malo	Huauhinango

(Continúa...)

Índice de impacto	Clasificaciónn-nón Lingüística	Índice de impacto	Clasificación Lingüística	Índice de impacto	
				Polígonos	Polígonos
Atotonilco el Alto	bueno	Acaponeta	mal	Huejotzingo	0.38125119 bueno
Ayotlán	regular	Compostela	regular	Izúcar de Matamoros	0.30392044 mal
La Barca	regular	Ixtlán del río	mal	Puebla	0.31491395 regular
Zapotán el Grande	malo	Xalisco	bueno	San Andrés Cholula	0.46081029 muy bueno
Chapala	regular	Santiago Ixquintla	muy malo	San Martín Texmelucan	0.31837271 regular
Guadalajara	regular	Tecuala	muy malo	San Pedro Cholula	0.37777226 bueno
Lagos de Moreno	muy bueno	Tepic	mal	Tecamachalco	0.37255797 bueno
Ocotlán	malo	Tuxpan	muy malo	Tehuacán	0.3154245 regular
Poncitlán	bueno	Bahía de Banderas	bueno	Tepeaca	0.34398441 regular

(Continúa...)

Índice de impacto	Clasificación n-nón Lingüística	Índice de impacto	Clasificación Lingüística	Índice de impacto	
				Polígonos	Polígonos
Puerto Vallarta	0.35896218	regular	Anáhuac	0.26957055	mal
El Salto	0.32647689	regular	Apodaca	0.29077785	mal
San Juan de los Lagos	0.42590995	muy bueno	Cadereyta Jiménez	0.29938814	mal
Teocaltiche	0.28123412	malo	García	0.57732723	excelente
Tepatitlán de Morelos	0.33152323	regular	San Pedro Garza García	0.29072672	mal
Tlajomulco de Zúñiga	0.52205559	excelente	Gral. Escobedo	0.29222614	mal
Tlaquepaque	0.38422407	bueno	Guadalupe	0.27682069	mal
Tonalá	0.40962785	bueno	Juárez	0.46620865	excelente
Tuxpan	0.33089566	regular	Linares	0.31561355	regular
Zacoalco de Torres	0.40394125	bueno	Monterrey	0.29422031	mal
<i>(Continúa...)</i>					

Índice de impacto	Clasificaciónn-nón Lingüística	Índice de impacto	Clasificación Lingüística	Índice de impacto	
				Polígonos	Clasificación Lingüística
Zapopan	0.37523739	bueno	Sabinas Hidalgo	0.25606864	muy malo
Apatzingán	0.34084629	regular	Santa Catarina	0.33565361	regular
Hidalgo	0.29751839	malo	Santiago	0.36586555	bueno
Lázaro Cárdenas	0.30875357	malo	Heroica Ciudad de Huajuapan de León	0.32309614	regular
Morelia	0.33566033	regular	Loma Bonita	0.350591	regular
Pátzcuaro	0.29238386	malo	Matías Romero Avendaño	0.32608923	regular
La Piedad	0.28932813	malo	Oaxaca de Juárez	0.3360751	regular
Uruapan	0.30788071	malo	San Juan Bautista Tuxtepec	0.37257257	bueno
			Cárdenas	0.39321451	bueno
			Catorce	0.56946275	excelente
			Ciudad Fernández	0.4335732	muy bueno
			Ciudad Valles	0.32172735	regular

(Continúa...)

Índice de impacto	Clasificación Lingüística	Índice de impacto	Clasificación Lingüística	Polígonos	
				Clasificación Lingüística	Índice de impacto
Zamora	0.28009959	malo	Santa Cruz Xoxocotlán	0.3539267 regular	Charcas
Zitácuaro	0.3338243	regular	Santa Lucía del Camino	0.51132672 excelente	Ébano
Cuautla	0.29642715	malo	Santa María Atzompa	0.71551261 excelente	Matehuala
Moctezuma	0.40691577	bueno	Cunduacán	0.25846242 muy malo	Las Choapas
Rioverde	0.3964514	bueno	Emiliano Zapata	0.33768135 regular	Ixhuatlán del Sureste
Salinas	0.37483431	bueno	Huimanguillo	0.33337759 regular	Xalapa
San Luis Potosí	0.2720565	malo	Jalpa de Méndez	0.41118271 bueno	Minatitlán
Soledad de Graciano Sánchez	0.30916678	malo	Macuspana	0.30048654 malo	Orizaba

(Continúa...)

Clasificación Lingüística		Índice de impacto		Índice de impacto		Clasificación Lingüística		Índice de impacto		Índice de impacto	
		Polígonos		Polígonos				Polígonos			
		Tamazunchale	0.59151759	excelente	Nacajuca	0.42101098	muy bueno	Poza Rica de Hidalgo	0.34383032	regular	
		Tamuín	0.51685487	excelente	Teapa	0.21803235	muy malo	San Andrés Tuxtla	0.36360649	regular	
		Vanegas	0.45719944	muy bueno	Tenosique	0.28162729	mal	Tierra Blanca	0.32266004	regular	
		Venado	0.43244608	muy bueno	Altamira	0.393339125	bueno	Tlacotalpan	0.38177154	bueno	
		Villa de Guadalupe	0.31273854	mal	Ciudad Madero	0.27966035	mal	Tlapacoyan	0.3645751	bueno	
		Villa de la Paz	0.20135188	muy malo	El Maní	0.28214637	mal	Tuxpan	0.38028548	bueno	
		Villa de Ramos	0.40800098	bueno	Matamoros	0.33046854	regular	Veracruz	0.36273977	regular	
		Zaragoza	0.4903949	excelente	Miguel Alemán	0.36766638	bueno	Yanga	0.35456269	regular	
Ahome			0.32359063	regular	Nuevo Laredo	0.328253732	regular	Zaragoza	0.26578953	malo	
Culiacán			0.41311966	bueno	Reynosa	0.48205954	excelente	Huunucmá	0.41654683	muy bueno	

(Continúa...)

Índice de impacto	Clasificación n-nón Lingüística	Polígonos	Índice de impacto	Clasificación Lingüística	Índice de impacto	Clasificación Lingüística
Guasave	0.31806577	regular	Río Bravo	0.35285531	regular	Izamal
Mazatlán	0.29588032	malo	San Fernando	0.3396477	regular	Kanasín
Salvador de Alvarado	0.27974559	malo	Tampico	0.28334139	malo	Mérida
Navolato	0.49493094	excelente	Valle Hermoso	0.31209871	malo	Motul
Aguia Prieta	0.29540846	malo	Victoria	0.30441914	malo	Progreso
Caborca	0.3410695	regular	Apetatitlán de Antonio Carvajal	0.29674337	malo	Ticul
Cajeme	0.31167448	malo	Apizaco	0.27179797	malo	Tizimín
Cananea	0.26572915	malo	Calpulalpan	0.37287638	bueno	Umán
Empalme	0.2628445	muy malo	Chiautempan	0.31427695	malo	Valladolid
Guaymas	0.25512023	muy malo	San Pablo del Monte	0.35372722	regular	Fresnillo

(Continúa...)

Polígonos	Índice de impacto	Clasificaciónn-nón Lingüística	Polígonos	Índice de impacto	Clasificación Lingüística	Índice de impacto	Clasificación Lingüística
Hermosillo	0.32644698	regular	Santa Cruz Tlaxcala	0.39727475	bueno	Guadalupe	0.32446014 regular
Huatabampo	0.41150176	bueno	Tlaxcala	0.33796396	regular	Jerez	0.24421246 muy malo
Magdalena	0.30781778	malo	Totolac	0.29344689	malo	Loreto	0.32107463 regular
Navojoa	0.32889977	regular	Zacatelco	0.28650505	malo	Nochistlán de Mejía	0.31250807 malo
Nogales	0.36039876	regular	La Magdalena Tlaltelulco	0.39881759	bueno	Ojocaliente	0.3857667 bueno
Puerto Peñasco	0.26331881	muy malo	Alvarado	0.30071311	malo	Río Grande	0.32615578 regular
San Luis Río Colorado	0.27144921	malo	Banderilla	0.48627987	excelente	Sombrevete	0.32755543 regular
Benito Juárez	0.34746412	regular	Boca del Río	0.2905828	malo	Valparaíso	0.38553391 bueno
Cárdenas	0.27272303	malo	Coatzacoalcos	0.26256959	muy malo	Zacatecas	0.28647096 malo
Centro	0.31537141	regular	Coatzintla	0.39382829	bueno		

Fuente: Elaboración propia.

## **Conclusiones**

La evaluación del Programa Hábitat a través de los elementos propuestos en las formas metodológicas establecidas, distinguió los siguientes hallazgos: en términos lingüísticos el impacto del programa resultó ser bueno, esto a partir de una gama de alternativas que la metodología basada en la lógica difusa facultaba asignar, es decir, el valor del indicador de impacto para la totalidad de la población en estudio en donde intervino el Programa Hábitat es de  $\mu_Z = 0.364093498$ , este valor cuantitativamente indica que de las variaciones posibles entre los impactos por cada polígono evaluado permitieron al programa impactar en un 36.4% como porcentaje de cambio positivo o mejora en los polígonos.

Es de relevancia mencionar que la etiqueta de impacto “bueno”, del impacto del programa en los polígonos de intervención, proviene directamente de la metodología aplicada y no de juicios de valor, es decir, la estructura metodológica que se construyó para la evaluación de impacto, consistía en direccionar el índice de impacto calculado hacia una calificación del mismo y esto es de los beneficios directos que aportó la propuesta metodológica de esta investigación.

Se comprueba que la teoría de la lógica difusa y su aplicación matemática de los conjuntos difusos, son de gran utilidad para la comprensión de fenómenos de decisión política y aplicación práctica dirigida al bienestar y el interés social; además, se comprueba que la metodología y procedimiento elegidos son los adecuados para arribar a conclusiones significativas en este campo de estudio de la política social desde la lógica difusa, por lo que en síntesis, se propone la generalización de su adopción desde los más altos estándares académicos, del rigor científico de estas formas de realizar evaluación de impacto, de su integración transdisciplinaria en nuevos lenguajes del conocimiento económico social y cultural, y en especial de sus aplicaciones para aumentar el grado de certeza en las decisiones y realizaciones de política social; así como para evaluar el desempeño y redireccionar acontecimientos de interés político para la gestión pública.

Entonces, la teoría de conjuntos difusos resulta ser un instrumento útil no sólo para medir, sino también para aplicar y evaluar la política pública.

### **Referencias bibliográficas**

- Amozurrutia (2006). “Lógica difusa y redes neuronales aplicadas a las Ciencias Sociales: un reto a la práctica interdisciplinaria”, en: *Jornadas anuales de investigación 2005*, CEIICH, UNAM, México.
- Dagum C., Costa M. (2004). *Analysis and measurement of poverty. Univariate and multivariate approaches and their policy implication. A case of study : Italy.* Springer Link.
- Feixas, G. y Cornejo, J. (1996). *Manual de la técnica de la rejilla mediante el programa RECORD, 2.0*, Paidós, Barcelona.
- García, R. (2011). From Planning to Evaluation. A System Approach to Agricultural Development Projects. IFAD report , núm. 0341.
- Garcia, P. Lazzari L. (2000). “La evaluación de la calidad en la universidad.” *Cuadernos del CIMBAGE*, núm. 003, Universidad de Buenos Aires, Red de revistas de América Latina y el Caribe, España y Portugal.
- Quesada Gil (1990). “La teoría de los conjuntos borrosos en la medición escolar.” Tesis doctoral. Departamento Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación. UB, Barcelona.
- Jang, J., Mizutani, E. y Sun, C. (1997). *Neuro-fuzzy and soft computing: A computational approach to learning and machine intelligence*. Prentice Hall, New York.
- Lynch, Horacio, M. y Vassolo Roberto (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. República Argentina.
- Letichevsky (2004). “La categoría precisión en la evaluación y en la meta evaluación: aspectos prácticos y teóricos”, en: *Conferencia de Relac.*, 1, 2004, Lima. Trabajo presentado, Lima.

- Morales R. M. A. (2008), “La teoría de conjuntos difusos como una opción para medir la pobreza: el caso mexicano”, *El trimestre Económico*, 299. Pp. 641-662.
- Munné, F. (1995) “Las teorías de la complejidad y sus implicaciones en las ciencias del comportamiento”, *Revista Interamericana de Psicología*, 29, 1. Pp. 1-12.
- 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 Políticas y de la Administración.
- Zadeh L. A. (1996). “Nacimiento y evolución de la lógica difusa, el soft computing y la computación con palabras: un punto de vista personal”, en: *Psicothema*, 8, 2. Pp. 421-429.