

Evaluación de programas públicos mediante lógica difusa: el caso del Programa Hábitat

*Lucio Flores Payán**

*María Luisa García Batíz***

Resumen

El objetivo del artículo es presentar una propuesta alternativa a la práctica común de evaluación, al ostentar una metodología basada en la teoría de la lógica difusa y sus aplicaciones. Los resultados obtenidos evidencian dos elementos prioritarios: el primero es el alcance en el impacto que el programa social Hábitat ha logrado en sus espacios de intervención; 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 al interés social.

Palabras clave: fenómenos sociales, evaluación, programas públicos y sociales, lógica difusa, política pública.

Abstract

The main objective of this paper is to present a proposal an alternative to the common practice of evaluation by presenting a methodology based on fuzzy logic theory and its applications. The principal results show two priority items, the first of them is the extent to impact the program social Hábitat 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.

Key words: social phenomena, evaluation, public and social programs, fuzzy logics, public policy.

Artículo recibido el 31-10-12

Artículo aceptado el 25-09-13

* Profesor del Centro de Enseñanza Técnica Industrial, Guadalajara, Jalisco [florespayan@hotmail.com].

** Investigadora de la Universidad de Guadalajara, sede en el Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas, Zapopan, Jalisco [maluisagarcia@hotmail.com].

La evaluación es una disciplina elemental que tiene relación con muchas actividades humanas y que intenta mejorar las condiciones y resultados del ámbito evaluado. Son variados los aspectos o elementos que pueden ser evaluados: se puede examinar la efectividad en relación con el costo, la confiabilidad, la eficiencia, la seguridad, la facilidad de uso o la confiabilidad del objeto evaluado, sea un bien, servicio, proyecto o política.¹

La evaluación de política pública –específicamente en cuanto a su orientación de política social– reviste gran importancia para los gobiernos y sociedades actuales a partir de la bondad de permitir confirmar el valor, la importancia y capacidad para la mejora del programa evaluado, así como el rendimiento de cuentas.

Actualmente existe una amplia variedad metodológica para el análisis y evaluación de programas sociales, sin embargo, 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 útiles para tratar fenómenos sociales porque proveen de una comprensión abstracta y al mismo tiempo 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.

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 a partir de la implementación del enfoque 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 introducir a las representaciones de los conjuntos difusos y sus expresiones

¹ Stufflebeam y Shinkfield, 2007; citado por Grupo Interagencial de Desarrollo Rural, 2009, p. 5.

matemáticas, 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, demostrándolo con los resultados obtenidos en la aplicación empírica realizada al objeto de estudio: el Programa social Hábitat.

LA LÓGICA DIFUSA COMO ENFOQUE PARA EL ANÁLISIS DE FENÓMENOS SOCIALES

Elementos para la construcción teórica

El estudio de fenómenos sociales, y en específico el análisis y evaluación de políticas y programas públicos, ha encontrado una elemental distinción, la 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, lo que 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.²

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.

² Luis Miguel Uharte Poza, *Política social en Venezuela: ¿un nuevo paradigma?*, Universidad Complutense de Madrid, 2009, p. 19.

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.³

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.⁴

En consecuencia, es implacable la necesidad de una variante en la forma de observar la realidad social, misma 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: “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”.⁵

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,

³ Rolando García, *From Planning to Evaluation. A System Approach to agricultural development*, Projects, IFAD report , núm. 0341, 2009, p. 22.

⁴ José A. Amuzurrutia, “Lógica difusa y redes neuronales aplicadas a las ciencias sociales”, *Estudios sobre las culturas contemporáneas*, diciembre, año/vol. XII, núm. 024, Universidad de Colima, 2006, p. 121.

⁵ Frederic Munne, “Entre el individuo y la sociedad”, *Revista Interamericana de Psicología*, Barcelona, PPU, 1995, p. 1.

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 de otras disciplinas que puedan ser trasladados y aplicados al estudio de lo social.

De acuerdo con Amuzurrutia, 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.⁶

Por ello, la propuesta que se presenta en este trabajo puntualiza 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, 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 y los objetos de estudio que interesan, como es el caso de la evaluación de programas sociales.

LA LÓGICA DIFUSA Y SU CONCEPTUALIZACIÓN

Aproximaciones preliminares

La lógica difusa se basa en la relatividad de lo observado, permite describir y formalizar la realidad a partir de modelos flexibles, contemplando la subjetividad y la incertidumbre de las valoraciones del comportamiento humano.⁷

⁶ José A. Amuzurrutia, "Lógica difusa y redes neuronales aplicadas a las ciencias sociales", *op. cit.*, pp. 10-13.

⁷ Pablo S. García y Luisa I. Lazzari, "La evaluación de la calidad en la universidad", *Cuadernos de CIMBAGE*, núm. 003, Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires, 2000, pp. 83-84.

Sin embargo, se debe aclarar que las primeras –y en la actualidad las más precisas– aplicaciones de esta teoría, son con fines de racionalizar la toma de decisiones en el área del control y la ingeniería, 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.

Zadeh, 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”.⁸

Lo anterior se experimenta cotidianamente. Al referimos a cualquier percepción mencionamos infinidad de conjuntos difusos, es decir, 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”, cualquier nombre de color “amarillo”, “verde”, “gris”, “púrpura”.

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 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 una forma de representar conocimientos y datos inexactos en forma similar al pensamiento humano.⁹ 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.

⁸ Lotfi A. Zadeh, “Conjuntos borrosos”, *Department of Electrical Engineering and Electronics Research Laboratory, University of California, Berkeley, California*, E. Renedo y S. Guadarrama, traducido del artículo “Fuzzy Sets”, publicado en 1965, pp. 3-27.

⁹ J. Jang, E. Mizutani y C. Sun, *Neuro-fuzzy and soft computing: A computational approach to learning and machine intelligence*, Nueva York, Printece Hall, 1997, pp. 73-74.

Representación de los conjuntos difusos

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 $X \mu_A(x) \rightarrow [0,1]$.

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

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

Las variables lingüísticas

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, etcétera, 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. Así, podrán ser definidos diversos conjuntos difusos, todos distintos, en la variable de salida. Lo mismo se puede hacer con el resto de otras variables involucradas. Cada conjunto difuso debe llevar asociado a él una etiqueta lingüística.¹⁰

¹⁰ Pablo S. García y Luisa I. Lazzari, “La evaluación de la calidad en la universidad”, *op. cit.*, p. 85.

IMPLEMENTACIÓN DE LA LÓGICA DIFUSA Y SUS CONJUNTOS DIFUSOS
EN LA INVESTIGACIÓN SOCIAL PARTICULARIZANDO EN LA EVALUACIÓN
DE PROGRAMAS SOCIALES

De la abstracción a la practicidad

La implementación 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.

Por ejemplo, Gil Quesada 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, 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: porcentaje de alumnos del grupo que están nítidamente clasificados.¹¹

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.

De igual forma, Morales 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

¹¹ Xavier Gil Quesada, *La teoría de los conjuntos borrosos en la medición escolar*, Universidad de Barcelona, Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación, 1990, pp. 1-936.

para el periodo 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.¹²

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, 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.¹³

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 su utilización 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.

De esta manera, 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.

CASO DE ESTUDIO: EVALUACIÓN AL PROGRAMA SOCIAL HÁBITAT MEDIANTE EL MODELO BASADO EN LÓGICA DIFUSA

Para la evaluación del Programa Hábitat se propone la construcción de un índice que determine el impacto que se haya logrado en los polígonos de aplicación, el índice es construido a partir de la adaptación del modelo teórico y su aplicación empírica establecido por Dagum y Costa.¹⁴

Para la evaluación del programa se consideran tres etapas fundamentales, la primera de ellas es la identificación de la población objetivo de análisis, posteriormente la determinación de los indicadores o atributos mediante los

¹² M.A. Morales Ramos, "La teoría de conjuntos difusos como una opción para medir la pobreza: el caso mexicano", *El Trimestre Económico*, vol. LXXV (3), núm. 299, julio-septiembre, México, Fondo de Cultura Económica, 2008, pp. 641-662.

¹³ Lotfi A. Zadeh, "Conjuntos borrosos", *op. cit.*, p. 22.

¹⁴ Camilo Dagum y Michele Costa, "Un método de aproximación a la medición de la pobreza", en C. Dagum, G. Ferrari (eds.), *Distribución del ingreso y la riqueza, la desigualdad y la pobreza*, Berlín, Springer Verlag, 2004, pp. 272-284.

cuales se evalúa el impacto del programa y son mostrados en el Cuadro 1, finalmente se determina el indicador de impacto mediante el enfoque de conjuntos difusos, donde se propondrá un índice de impacto como función de los “n” indicadores.

El índice de impacto se construye a partir de los siguientes elementos: un primer conjunto:

$$A = \{\alpha_1, \dots, \alpha_j, \dots, \alpha_n\}$$

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 el Cuadro 1:

$$X = (x_1, \dots, x_j, \dots, x_k)$$

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, $X_{ik} = M_z(x_k(a_i))$ 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:

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

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)

CUADRO 1

Indicadores usados para el cálculo de índice de impacto

Atributo	Variable del censo 2005 y del conteo 2010	Indicador
Agua potable	Porcentaje de hogares sin agua potable	Cambio en el porcentaje de hogares sin agua potable del 2005 al 2010 (Indicador 1)
Indicadores de servicios para las viviendas en los polígonos	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)
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)
Indicadores de habitabilidad de las viviendas	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)
Indicadores de mejora para los polígonos	Indicador de marginación por polígono analizado	Cambio en el porcentaje de marginación del 2005 al 2010 (Indicador 7)
Rezago social	Indicador de rezago social por polígono analizado	Cambio en el porcentaje de rezago social del 2005 al 2010 (Indicador 8)

Fuente: elaboración propia.

atributos, es decir expresa un concepto relativo de impacto y la función se define por:

$$X_Z(\alpha_i) = \sum_{j=1}^n \frac{x_{ik} w_i}{w_i} \quad (\text{ecu. 1})$$

$$W_i = \log \left(\frac{\sum_{i=1}^n g(\alpha_i)}{\sum_{i=1}^n x_{ik} g(\alpha_i)} \right) \quad (\text{ecu. 2})$$

Donde:
$$\frac{\sum_{i=1}^n g(\alpha_i)}{\sum_{i=1}^n x_{ik} g(\alpha_i)}$$

es la frecuencia relativa representada por la muestra del polígono α_i y w_i es el peso adjunto del atributo (k) y nuevamente $0 \leq M_Z(\alpha_i) \leq 1$, y:

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

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)

$$M_Z = \sum_{i=1}^n \frac{M_Z(\alpha_i) g(\alpha_i)}{g(\alpha_i)} \quad (\text{ecu. 3})$$

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

$$X_Z(\alpha_i) = \sum_{k=1}^n \frac{x_{ik} W_i}{W_i} \quad (\text{ecu. 4})$$

Mediante la utilización de la lógica difusa en este modelo teórico, es posible también encontrar los valores de impacto del k- énesimo 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:

$$C_{M_Z}^k = \frac{M_Z(X_k) W_k}{\sum_{k=1}^n W_k} \quad (\text{ecu. 5})$$

Especificando el índice de impacto unidimensional del k - *ésimo* atributo para el l -*ésimo* grupo como:

$$M_Z (X_k^l) = \frac{\sum_{i=1}^{nl} x_{ik}^l (g (\alpha_i^l))}{\sum_{k=1}^{nl} g (\alpha_i^l)} \quad (\text{ecu. 6})$$

$$C_{MZ}^k = \frac{M_Z (X_k^l) w_k}{\sum_{k=1}^n w_k} \quad (\text{ecu. 7})$$

Especificaciones para las calificaciones del grado de impacto

Los parámetros que son introducidos a los sistemas de inferencia difusa para la calificación del indicador evaluado, parten de las siguientes consideraciones empíricas:

- un tiempo inicial (t_1);
- un tiempo final (t_2);
- una población de viviendas/polígono con el servicio inicial (V_{si});
- una población de viviendas/polígono con el servicio final (V_{sf});
- una población de viviendas/polígonos total en t_1 (V_t);
- tres casos posibles: 1) indicador igual a negativo (-), 2) indicador igual a cero (0), 3) indicador igual positivo (+);

para el caso 1 y 3 el desarrollo en ecuaciones:

$$\frac{V_{si}}{V_t} > \frac{V_{sf}}{V_t} = \frac{V_{sf}}{V_t + m}$$

Donde: m = incremento de viviendas en el t_2

$$V_{si} (V_t + m) > V_{sf} (V_t)$$

$$V_{sf} = V_{si} + \frac{V_{si} * m}{V_t}$$

De lo anterior se concluye para los tres casos:

Caso 1 Ind = (-) $t_1 - t_2 = (-)$;	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\}$	Si $V_{si} =$ fija: se quita servicio de las viviendas ya que contaban con el servicio Si $V_{si} =$ cambia: se incrementa el # de viviendas con servicio pero no en la misma proporción que en t_1
Caso 2 Ind = (0); $t_1 - t_2 = (0)$;	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\}$	Si $V_{si} =$ fija: todo queda igual Si $V_{si} =$ cambia: el porcentaje de viviendas que se incrementa con el servicio es en la misma proporción que en t_1
Caso 3 Ind = (+); $t_1 - t_2 = (+)$;	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\}$	Si $V_{si} =$ fija: si incrementa en servicio en las viviendas que no lo tenían en t_1 Si $V_{si} =$ cambia: el porcentaje de viviendas con servicio en mayor en t_2 que en t_1

En todos los casos podrá existir un impacto del Programa Hábitat en los polígonos de intervención, a partir de la descripción anterior es que se asignan los parámetros para la calificación del valor de indicador como variable de entrada al sistema de inferencia difusa en un rango de [0.3 1], comenzando con los valores negativos en 0.3, pasando por el valor de 0 en 0.5 hasta los valores positivos en 1.

APLICACIÓN DEL MODELO TEÓRICO BASADO EN LÓGICA DIFUSA PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE IMPACTO

La implementación del modelo de lógica difusa descrito anteriormente permitió: *a)* medir el nivel relativo de impacto en cada polígono estudiado; *b)* estimar un índice promedio de impacto de toda la población de polígonos; y *c)* medir los impactos que se generaron correspondiente a cada indicador, esto a partir de la integración de valores difusos que se calculan con respecto a un indicador de entrada en un conjunto difuso de salida.

Mediante la ecuación (1) del modelo y empleando (2) como ponderador W_k se determina la función de pertenencia $\mu_z(\alpha_i)$ del conjunto de indicadores por cada polígono al conjunto “impacto”, es decir, el nivel de impacto relativo de cada polígono. Posteriormente se calcula el índice de impacto promedio de la población total utilizando (4). Para calcular los impactos por atributo

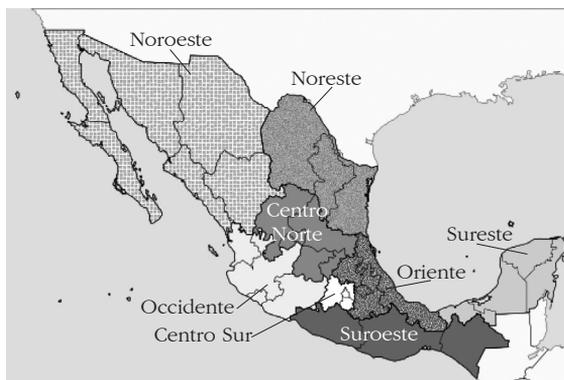
se utiliza (5). Para obtener el índice de impacto del k -ésimo atributo para el l -ésimo grupo se utiliza (7).

De esta forma el índice de impacto para la totalidad de la población en estudio en donde intervino el programa Hábitad 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. El Cuadro 2 muestra el índice de impacto para cada polígono, y su clasificación mediante seis etiquetas lingüísticas: “muy malo”, “malo”, “regular”, “bueno”, “muy bueno”, “excelente”.¹⁵

División por regiones para el cálculo de índice de impacto por grupos

Regiones	Estados	Regiones	Estados	Regiones	Estados
Noreste	Coahuila Nuevo León Tamaulipas	Noroeste	Baja California Baja California Sur Chihuahua Durango Sinaloa Sonora	Occidente	Colima Nayarit Michoacán Jalisco
Oriente	Hidalgo Puebla Tlaxcala Veracruz	Centro Norte	Guanajuato Querétaro San Luis Zacatecas	Centro Sur	Distrito Federal Morelos
Sureste	Campeche Quintana Roo Tabasco Yucatán	Suroeste	Chiapas Guerrero Oaxaca		

Fuente: elaboración propia.



¹⁵ Para el cálculo del rango de estas etiquetas lingüísticas se utilizó α - cortes, a partir de la desviación estándar.

CUADRO 2

Valor del impacto difuso y el valor lingüístico para cada polígono de análisis

Polígonos	Índice de impacto	Clasificación lingüística	Polígonos	Índice de impacto	Clasificación lingüística	Polígonos	Índice de impacto	Clasificación lingüística
Aguascalientes	0.26336449	muy malo	Chiapa de Corzo	0.58842702	excelente	Lerdo	0.33201742	regular
Calvillo	0.2419496	muy malo	Huixtla	0.62267041	excelente	Pueblo Nuevo	0.37533618	bueno
Jesús María	0.32467594	regular	Las Margaritas	0.48081351	excelente	Santiago Papasquiaro	0.30000792	malo
Pabellón de Arteaga	0.25751036	muy malo	Motocintla	0.6771011	excelente	Abasolo	0.40663098	bueno
Ensenada	0.31593204	regular	Ocosingo	0.86431522	excelente	Acambaro	0.33031981	regular
Mexicali	0.37386715	bueno	Ocozacoautla 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
Playas de Rosarito	0.54853274	excelente	Las Rosas	0.64950509	excelente	Dolores Hidalgo	0.45465909	muy bueno
Comondú	0.31361408	malo	San Cristóbal de las Casas	0.44942055	muy bueno	Guanajuato	0.32884229	regular
Mulegé	0.49958793	excelente	Suchiapa	0.51225304	excelente	Irapuato	0.33665632	regular
La Paz	0.3989447	bueno	Tapachula	0.37114723	bueno	León	0.30412838	malo
Los Cabos	0.4139376	muy bueno	Teopisca	0.59382917	excelente	Moroleón	0.25469421	muy malo
Calkiní	0.50502823	excelente	Tonalá	0.3128137	malo	Pénjamo	0.39362704	bueno
Campeche	0.33419376	regular	Tuxtla Gutiérrez	0.36093286	regular	Salamanca	0.35197405	regular
Carmen	0.37024663	bueno	Venustiano Carranza	0.62637489	excelente	San Felipe	0.59956139	excelente
Champton	0.4385376	muy bueno	Villaflores	0.37137272	bueno	San Francisco del Rincón	0.34494445	regular
Escárcega	0.37954931	bueno	Yajalón	0.31848859	regular	San José Iturbide	0.47490606	excelente
Acuña	0.32181763	regular	Camargo	0.27777302	malo	San Luis de la Paz	0.5210694	excelente
Allende	0.30787222	malo	Cuauhtémoc	0.33211862	regular	Santa Cruz, Juventino Rosas	0.45172336	muy bueno
Arteaga	0.43644949	muy bueno	Chihuahua	0.32658429	regular	Silao	0.42230418	muy bueno
Frontera	0.28970356	malo	Delicias	0.27078668	malo	Uriangato	0.26505995	muy malo
General Cepeda	0.33243912	regular	Hidalgo del Parral	0.27430781	malo	Acapulco de Juárez	0.37403224	bueno
Monclova	0.28695661	malo	Jiménez	0.28421919	malo	Arceles	0.30403046	malo

continúa...

CUADRO 2
(continuación)

Póligonos	Índice de impacto	Clasificación lingüística	Póligonos	Índice de impacto	Clasificación lingüística	Póligonos	Índice de impacto	Clasificación lingüística
Piedras Negras	0.28441519	malo	Juárez	0.38618687	bueno	Atoyac de Álvarez	0.4599715	muy bueno
Ramos Arizpe	0.35045087	regular	Nuevo Casas Grandes	0.42622763	muy bueno	Coyuca de Benítez	0.4049836	bueno
Saltillo	0.28332266	malo	Azacapotzalco	0.29750996	malo	Chilapa de Álvarez	0.63115755	excelente
Tomeón	0.28197481	malo	Coyoacán	0.30766921	malo	Chilpancingo de los Bravo	0.30802487	malo
Armería	0.31529548	regular	Cuajimalpa de Morelos	0.29052651	malo	Huitzaco de los Figueroa	0.28938956	malo
Collima	0.32296297	regular	Gustavo A. Madero	0.28126932	malo	Iguala de la Independencia	0.22450566	muy malo
Comala	0.46087437	muy bueno	Iztlapalapa	0.26836293	malo	Ometepec	0.54342591	excelente
Coquimatlán	0.37273797	bueno	La Magdalena Contreras	0.27509359	malo	Petatlán	0.45669997	muy bueno
Cuauhtémoc	0.35432516	regular	Millpa Alta	0.22578137	muy malo	Pungarabato	0.31667125	regular
Manzanillo	0.35079854	regular	Álvaro Obregón	0.29267564	malo	Taxco de Alarcón	0.33539899	regular
Tecomán	0.35070997	regular	Tláhuac	0.24971435	muy malo	Tecpan de Galeana	0.32603434	regular
Villa de Álvarez	0.36601996	bueno	Tlalpan	0.26760628	malo	Teloapan	0.46740228	excelente
Arriaga	0.29267537	malo	Xochimilco	0.29373377	malo	Tixtla de Guerrero	0.37609711	bueno
Berriozábal	0.1697042	muy malo	Cuauhtémoc	0.36874334	bueno	Tlapa de Comonfort	0.58866397	excelente
Cintalapa	0.50228224	excelente	Durango	0.32061415	regular	Eduardo Neri	0.60821995	excelente
Comitán de Domínguez	0.42086245	muy bueno	Gómez Palacio	0.28441586	malo	Actopan	0.41433623	muy bueno
Cuautepec de Hinojosa	0.29996823	malo	Cuernavaca	0.37288335	bueno	Santo Domingo Tehuantepec	0.40541856	bueno
Emiliano Zapata	0.56587101	excelente	Emiliano Zapata	0.39888062	bueno	Acajete	0.34904049	regular
Huejutla de Reyes	0.35277969	regular	Jiutepec	0.37367864	bueno	Acatlán	0.30324973	malo
Pachuca de Soto	0.30271385	malo	Puente de Ixtla	0.25231799	muy malo	Ajalpan	0.47941671	excelente
Tepeji del Río	0.26339112	muy malo	Temixco	0.34408469	regular	Amozoc	0.25952612	muy malo
Tizayuca	0.37402889	bueno	Tlalizapán	0.23685674	muy malo	Atlixco	0.36659177	bueno
Tlaxcoapan	0.27990244	malo	Tlaquiltenango	0.2423284	muy malo	Cuautilcingo	0.35947478	regular
Tula de Allende	0.25462016	muy malo	Xochitepec	0.29239177	malo	Chalchicomula de Sesma	0.41483372	muy bueno
Tulancingo de Bravo	0.25853353	muy malo	Yautepec	0.3212242	regular	Chignahuapan	0.47395649	excelente

continúa...

CUADRO 2
(continuación)

Polígonos	Índice de impacto	Clasificación lingüística	Polígonos	Índice de impacto	Clasificación lingüística	Polígonos	Índice de impacto	Clasificación lingüística
Arandas	0.39374546	bueno	Zacatepec de Hidalgo	0.23071262	muy malo	Huauchinango	0.29356622	malo
Atotonilco el Alto	0.37962731	bueno	Acaponeta	0.28646881	malo	Huejotzingo	0.38125119	bueno
Ayotlán	0.32644006	regular	Compostela	0.33450601	regular	Izúcar de Matamoros	0.30392044	malo
La Barca	0.34860289	regular	Ixtlan del Río	0.27780278	malo	Puebla	0.31491395	regular
Zapotlán el Grande	0.29996074	malo	Xalisco	0.39647637	bueno	San Andrés Cholula	0.46081029	muy bueno
Chapala	0.36252839	regular	Santiago Ixcuintla	0.24852283	muy malo	San Martín Texmelucan	0.31837271	regular
Guadalajara	0.31801395	regular	Tecuala	0.20901806	muy malo	San Pedro Cholula	0.37777226	bueno
Lagos de Moreno	0.43510274	muy bueno	Tepic	0.30145973	malo	Tecamachalco	0.37255797	bueno
Ocotlán	0.26829759	malo	Tuxpan	0.21092194	muy malo	Tehuacán	0.3154245	regular
Poncitlán	0.41310289	bueno	Bahía de Banderas	0.39444953	bueno	Tepeaca	0.34398441	regular
Puerto Vallarta	0.35896218	regular	Anáhuac	0.26957055	malo	Teziutlán	0.31502469	regular
El Salto	0.32647689	regular	Apodaca	0.29077785	malo	Xicotepec	0.38745261	bueno
San Juan de los Lagos	0.42590995	muy bueno	Cadereyta Jiménez	0.29938814	malo	Zacatlán	0.41035221	bueno
Teocaltiche	0.28123412	malo	García	0.57732723	excelente	Corregidora	0.36994859	bueno
Tepatitlán de Morelos	0.33152323	regular	San Pedro Garza García	0.29072672	malo	El Marqués	0.49260574	excelente
Tlajomulco de Zúñiga	0.52205559	excelente	Gral. Escobedo	0.29222614	malo	Querétaro	0.36771662	bueno
Tlaquepaque	0.38422407	bueno	Guadalupe	0.27682069	malo	San Juan del Río	0.36099519	regular
Tonalá	0.40962785	bueno	Juárez	0.46620865	excelente	Tequisquiapan	0.44929213	muy bueno
Tuxpan	0.33089566	regular	Linares	0.31561355	regular	Cozumel	0.38348597	bueno
Zacoalco de Torres	0.40394125	bueno	Monterrey	0.29422031	malo	Felipe Carrillo Puerto	0.72352328	excelente
Zapopan	0.37523739	bueno	Sabinas Hidalgo	0.25606864	muy malo	Isla Mujeres	0.45907781	muy bueno
Apatzingán	0.34084629	regular	Santa Catarina	0.33565361	regular	Othón P. Blanco	0.44004653	muy bueno
Hidalgo	0.29751839	malo	Santiago	0.36386555	bueno	Benito Juárez	0.52142305	excelente
Lázaro Cárdenas	0.30875357	malo	Huajuapán de León	0.32309614	regular	Solidaridad	0.68173559	excelente
Morelia	0.33566033	regular	Loma Bonita	0.350591	regular	Cárdenas	0.39321451	bueno

continúa...

CUADRO 2
(continuación)

Polígonos	Índice de impacto	Clasificación lingüística	Polígonos	Índice de impacto	Clasificación lingüística	Polígonos	Índice de impacto	Clasificación lingüística
Pátzcuaro	0.29238386	malo	Matías Romero Avendaño	0.32608923	regular	Catorce	0.56946275	excelente
La Piedra	0.28932813	malo	Oaxaca de Juárez	0.3360751	regular	Ciudad Fernández	0.4335732	muy bueno
Uruapan	0.30788071	malo	San J. Bautista Tuxtepec	0.37257257	bueno	Ciudad Valles	0.32172735	regular
Zamora	0.28009959	malo	Santa Cruz Xoxocotlán	0.3539267	regular	Charcas	0.44294745	muy bueno
Zitácuaro	0.338243	regular	Santa Lucía del Camino	0.51132672	excelente	Ebano	0.27030215	malo
Cuatla	0.29642715	malo	Santa María Atzompa	0.71551261	excelente	Matehuala	0.27588702	malo
Moctezuma	0.40691577	bueno	Cunduacán	0.25846242	muy malo	Las Choapas	0.3932167	bueno
Río Verde	0.3964514	bueno	Emiliano Zapata	0.33768135	regular	Ixhuatlán del Sureste	0.48923962	excelente
Salinas	0.37483431	bueno	Huimanguillo	0.33337759	regular	Xalapa	0.30840142	malo
San Luis Potosí	0.2720565	malo	Jalpa de Méndez	0.41118271	bueno	Minatitlán	0.27265263	malo
Soledad de G. Sánchez	0.30916678	malo	Macuspana	0.30048654	malo	Orizaba	0.26575454	malo
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	malo	Tierra Blanca	0.32266004	regular
Venado	0.43244608	muy bueno	Altamira	0.39339125	bueno	Tlacoalpan	0.38177154	bueno
Villa de Guadalupe	0.31273854	malo	Ciudad Madero	0.27966035	malo	Tlapacoyan	0.3645751	bueno
Villa de la Paz	0.20135188	muy malo	El Mante	0.28214637	malo	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	0.32853732	regular	Zaragoza	0.26578953	malo
Culiacán	0.41311966	bueno	Reynosa	0.48205954	excelente	Hunucmá	0.41654683	muy bueno
Guasave	0.31806577	regular	Río Bravo	0.35285531	regular	Izamal	0.43536675	muy bueno
Mazatlán	0.29588032	malo	San Fernando	0.3396477	regular	Kanasín	0.66713813	excelente
Salvador de Alvarado	0.27974559	malo	Tampico	0.28334139	malo	Mérida	0.35986082	regular
Navolato	0.49493094	excelente	Valle Hermoso	0.31209871	malo	Motul	0.33404532	regular

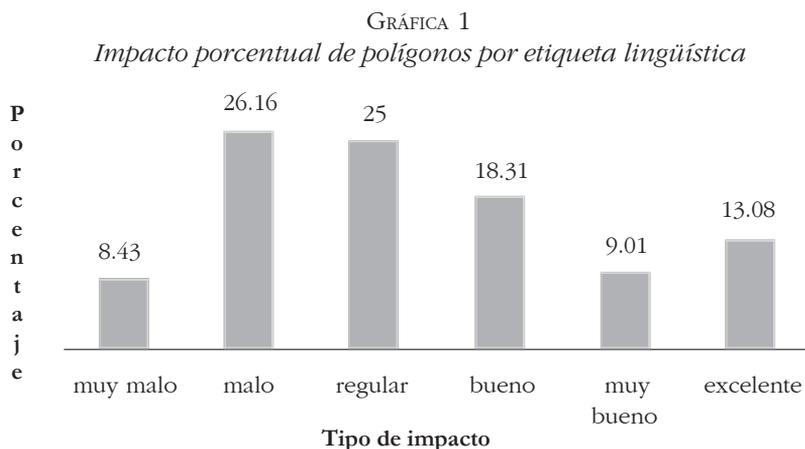
continúa...

CUADRO 2
(continuación)

Polígonos	Índice de impacto	Clasificación lingüística	Polígonos	Índice de impacto	Clasificación lingüística	Polígonos	Índice de impacto	Clasificación lingüística
Agua Prieta	0.29540846	malo	Victoria	0.30441914	malo	Progreso	0.34054217	regular
Caborca	0.3410695	regular	Apetatitlán de A. Carvajal	0.29674337	malo	Tiçul	0.39395809	bueno
Cajeme	0.31167448	malo	Apizaco	0.27179797	malo	Tizimín	0.30104779	malo
Cananea	0.26572915	malo	Calpulalpan	0.37287638	bueno	Umán	0.40539291	bueno
Empalme	0.2628445	muy malo	Chiautempan	0.31427695	malo	Valladolid	0.42259809	muy bueno
Guaymas	0.25512023	muy malo	San Pablo del Monte	0.35372722	regular	Fresnillo	0.33877949	regular
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 Tlaltetulco	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	Sombrerete	0.32755543	regular
Benito Juárez	0.34746412	regular	Boca del Río	0.2905828	malo	Valparaiso	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.

Las etiquetas lingüísticas fueron calculadas para los valores de los resultados de los sistemas de inferencia difusa a partir del análisis y desarrollo de ecuaciones que se presentan anteriormente. La Gráfica 1 muestra el porcentaje de polígonos que se encuentran en cada etiqueta lingüística relacionada al tipo de impacto que se provocó en ellos.



Fuente: elaboración propia.

Se aprecia que para el tipo de impacto “muy malo” se ubicó 8.43% de los polígonos donde intervino el programa, mientras que en el extremo el impacto en su etiqueta lingüística “excelente” se encuentra el 13.08% de los polígonos intervenidos.

Asimismo, con el fin de identificar las principales dimensiones y rubros en donde el Programa Hábitat ha impactado con mayor o menor intensidad, se estima un índice de impacto por indicador. En el Cuadro 3 se muestran los resultados para cada indicador y su contribución relativa al impacto total.

Se aprecia que el valor más alto del índice de impacto se encuentra para el indicador 2, que representa los proyectos dirigidos al mejoramiento del sistema de drenaje de las viviendas, lo cual significa que en los polígonos intervenidos han desarrollado cambios positivos con mayor grado en este rubro, mientras que el menor valor se sitúa para el indicador 4.

El modelo posibilita una descomposición para el índice de impacto de manera multidimensional, de esta forma se desarrollaron los siguiente grupos: 1) las ocho regiones que conforman la República Mexicana, calculando el índice de impacto por indicador y el de impacto total por región; 2) de acuerdo

CUADRO 3
*Índice de impacto por indicador
 y su contribución al impacto total μ_z*

Indicador	$\mu_z(x_k)$	Contribución absoluta
Indicador 1	0.34034419	0.04599336
Indicador 2	0.46521221**	0.04467652
Indicador 3	0.38003953	0.04610046
Indicador 4	0.25596453*	0.04376129
Indicador 5	0.41755872	0.04573228
Indicador 6	0.39113285	0.04606945
Indicador 7	0.3403	0.04574786
Indicador 8	0.40075029	0.04601228
Total	36.4%	0.364093498

* Índice del indicador en el que se ha generado menor impacto.

** Índice del indicador en el que se ha generado mayor impacto.

Fuente: elaboración propia.

con el porcentaje del presupuesto total del programa asignado a cada polígono, en las dimensiones de presupuesto federal y total. El Cuadro 4 muestra los resultados de la descomposición multidimensional por regiones y el promedio del porcentaje del presupuesto total del programa asignado a cada región.

CUADRO 4
Índice de impacto por regiones y presupuesto asignado

Descomposición	μ_z	Contribución absoluta	Contribución relativa	% Promedio del presupuesto asignado federal	% Promedio del presupuesto asignado total
Noreste	0.33034748	0.03361094	9.23140228	11.11	8.78
Noroeste	0.34435504	0.04204335	11.5474042	18.42	16.29
Occidente	0.34025521	0.04747747	13.0399117	11.83	12.02
Oriente	0.34823547	0.06073874	16.6821832	18.57	19.66
Centro Norte	0.37187015	0.06269904	17.2205867	11.73	13.16
Centro Sur	0.29480315*	0.01971068	5.41363023	4.98	5.64
Sureste	0.40204195	0.03623052	9.95088471	10.37	10.56
Suroeste	0.45073342**	0.06158276	16.9139971	12.99	13.89
Total			100%	100%	100%

* Índice del indicador en el cual se ha generado menor impacto.

** Índice del indicador en el cual se ha generado mayor impacto.

Fuente: elaboración propia.

Se muestra que el mayor impacto del programa ocurrió en la zona del suroeste y que el porcentaje del presupuesto total asignado a esta región se encuentra en la tercera ubicación, después del mayor porcentaje asignado a la región oriente y noroeste, mientras que la región centro sur fue la que tuvo menor impacto en los ocho indicadores medidos y para la cual el presupuesto asignado tanto federal como total fue el menor de las ocho regiones.

Igualmente importante es distinguir cuál es el impacto que el programa ha tenido en cada región de forma particularizada, el Cuadro 5 muestra el índice de impacto por región en los ocho indicadores evaluados.

CUADRO 5
Índices de impacto por indicador y región, contribución absoluta y relativa de cada indicador al grupo

Regiones		Ind1	Ind2	Ind3	Ind4	Ind5	Ind6	Ind7	Ind8
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
Noreste	μ^k_z	0.38781	0.44082*	0.38464	0.17530**	0.32307	0.342	0.34882	0.31666
	c. absoluta	0.052394	0.042286	0.046647	0.029945	0.035367	0.0402	0.047133	0.036297
	c. relativa	15.86045	12.80071	14.12074	9.064757	10.70629	12.198	14.26777	10.98762
Noroeste	μ^k_z	0.360973	0.43	0.439028	0.209921**	0.435792*	0.3863	0.267809	0.312590
	c. absoluta	0.048768	0.041248	0.053242	0.035858	0.047707	0.0454	0.036186	0.035829
	c. relativa	14.16224	11.97836	15.46158	10.41313	13.85408	13.203	10.50835	10.40492
Occidente	μ^k_z	0.336212	0.384333*	0.362718	0.220366**	0.385072	0.3341	0.380462	0.379377
	c. absoluta	0.045423	0.036867	0.043988	0.037642	0.042154	0.0393	0.051407	0.043485
	c. relativa	13.34971	10.83524	12.92804	11.06298	12.38917	11.555	15.10853	12.78015
Oriente	μ^k_z	0.337241	0.48475*	0.34386	0.220113**	0.395555	0.3688	0.36981	0.350826
	c. absoluta	0.045562	0.046500	0.041701	0.037599	0.043302	0.0434	0.049968	0.040212
	c. relativa	13.08371	13.35304	11.97502	10.79703	12.43477	12.463	14.34897	11.54753
Centro norte	μ^k_z	0.324144	0.496724	0.325115	0.312924**	0.399339	0.3985	0.349651	0.433222
	c. absoluta	0.043792	0.047648	0.039428	0.053452	0.043716	0.0468	0.047244	0.049657
	c. relativa	11.77635	12.81325	10.60264	14.37404	11.75588	12.611	12.70456	13.35332
Centro sur	μ^k_z	0.278943	0.362043	0.397565*	0.179178**	0.387704	0.2878	0.260926	0.279052
	c. absoluta	0.037685	0.034729	0.048214	0.030606	0.042442	0.0338	0.035255	0.031985
	c. relativa	12.78342	11.78051	16.35474	10.38207	14.39702	11.487	11.95915	10.84983
Sureste	μ^k_z	0.338225	0.518903	0.426170	0.220580**	0.459512	0.4244	0.364664	0.590096*
	c. absoluta	0.045695	0.049776	0.051683	0.037678	0.050303	0.0499	0.049272	0.067638
	c. relativa	11.36575	12.38085	12.85523	9.371889	12.51210	12.421	12.25568	16.82370
Suroeste	μ^k_z	0.346174	0.548680*	0.416546	0.429921	0.542310	0.5376	0.331270**	0.5223
	c. absoluta	0.046768	0.052632	0.050516	0.073437	0.059367	0.0632	0.044760	0.059867
	c. relativa	10.37619	11.67711	11.20757	16.29297	13.17141	14.036	9.930655	13.28220

* Indicador con el impacto más alto.

** Indicador con el impacto más bajo.

Fuente: elaboración propia.

Son congruentes los resultados presentados en el Cuadro 5 comparados con el índice de impacto total por indicador mostrado en el Cuadro 6, se aprecia que el mayor número de valores de impacto alto se encuentran para el indicador 2, con la excepción de las regiones Noroeste, Centro Sur y Sureste, donde el impacto mayor se efectuó en el indicador 5, 3 y 7 respectivamente, los impactos más bajos congruentemente aparecen para el indicador 4 con la excepción de la región suroeste donde el impacto menor fue para el indicador 7.

En la descomposición del índice de impacto de forma multidimensional, se pudieron generar seis grupos de acuerdo con el presupuesto proporcionado por el programa, cada grupo está referido al porcentaje del presupuesto total y federal del programa, es decir, el porcentaje del presupuesto del programa que fue asignado a cada polígono, por ejemplo, en el grupo 1 se encuentran los polígonos que recibieron menos de un 3% del total del presupuesto del programa, el Cuadro 6 muestra el resultado del índice de impacto por cada uno de estos grupos así como su contribución absoluta y relativa.

CUADRO 6
Índices de impacto por grupos en asignación de recursos del total de presupuesto del programa, contribución absoluta y relativa al grupo

Impactos	Porcentajes del presupuesto federal					
	Grupo 1 Menor a 0.030	Grupo 2 0.031-0.15	Grupo 3 0.16 – 0.30	Grupo 4 0.31 – 0.60	Grupo 5 0.61 – 0.90	Grupo 6 Mayor a 0.91
μ'_{z}	0.370020185	0.365022331	0.371822261	0.350097489	0.371901788*	0.349692801**
c. absoluta	0.03119356	0.11778337	0.11457314	0.07124077	0.01405443	0.01524823
c. relativa	8.56745926	32.3497588	31.468054	19.5666137	3.86011509	4.18799915
Impactos	Porcentajes del presupuesto total					
	Menor a 0.030	0.031-0.15	0.16 – 0.30	0.31 – 0.60	0.61 – 0.90	Mayor a 0.91
μ'_{z}	0.37057032	0.35493626	0.37858283*	0.35439581**	0.35638023	0.36154161
c. absoluta	0.02908546	0.10421094	0.12325953	0.07417587	0.0186478	0.0147139
c. relativa	7.9884593	28.6220262	33.8538117	20.3727528	5.12170715	4.04124289

Fuente: elaboración propia.

* Indicador con el impacto más alto.

** Indicador con el impacto más bajo.

Aunque las variaciones en el índice de impacto por cada grupo de la tabla anterior son mínimos, se aprecia que para el grupo de polígonos que recibió el mayor porcentaje de presupuesto el impacto fue menor, y el impacto mayor se encuentra en el grupo con una asignación de recursos del 0.61 a 0.9 % del total del presupuesto del programa.

CONCLUSIONES

La evaluación del Programa Hábitat a partir de los elementos propuestos y de las formas establecidas en la metodología, 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 implementada 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 este es uno de los beneficios directos que aportó la propuesta metodológica de este trabajo.

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 al interés social; asimismo, 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 especialmente 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.