

# Introducción a la Teoría de Conjuntos Difusos «Fuzzy Set» (Compendio)

*Ing. María Elena Aguilar Jáuregui  
Profesora Investigadora del CIC-IPN.  
Ing. Cuauhtémoc Peredo Macías  
Alumno de la Maestría del CIC-IPN.*

**E**l presente trabajo tiene como objetivo introducir al lector en los orígenes, conceptos y operaciones básicas de la Teoría de Conjuntos Difusos. Dado que el lector puede estar más familiarizado con el término «Fuzzy», a lo largo del trabajo se empleará ésta palabra o bien, su traducción «difuso». El uso de cualquiera de los dos términos hace referencia al mismo concepto.

---

## INTRODUCCIÓN

---

Al paso del tiempo, los seres humanos hemos aprendido a utilizar la experiencia derivada de la interacción diaria con nuestro medio ambiente. Esta experiencia traducida en conocimiento nos proporciona la habilidad de predecir eventos futuros, tomando como referencia evidencias básicas obtenidas del devenir diario.

De esta forma podemos tomar decisiones en el manejo y análisis del cúmulo de datos a nuestra disposición. Existiendo una gran variedad de fuentes de información, surge la necesidad de establecer cierto orden para lograr un manejo eficaz de los recursos informativos, trayendo como consecuencia el hecho de efectuar mediciones. Sin embargo, todas las mediciones involucradas en cualquier

de los ámbitos posibles, sin importar que tan precisas sean, admiten la posibilidad de error, por lo que existe cierta incertidumbre. Esta incertidumbre se deriva de las limitantes que se tienen en cuanto a la forma de percibir nuestro medio, y que tanto o tan profundo se puede razonar acerca de él; además de que todas nuestras mediciones están hechas tomando como base un estándar artificial.

La incertidumbre es uno de los factores principales por los que el conocimiento pierde precisión. Otro factor es el hecho de que para describir y comunicarlo, se hace uso del lenguaje natural. La forma en que éste afecta a la transmisión del conocimiento, es la interpretación que se le da a las palabras, provocando una asociación distinta para diferentes personas. Por lo tanto, el lenguaje natural tiene hasta cierto punto, la característica de ambigüedad.

---

## SURGIMIENTO DE LA TEORÍA DE CONJUNTOS DIFUSOS

---

Desde el comienzo de la ciencia moderna, hasta el final del siglo XIX, la incertidumbre se consideró como un elemento indeseable, y la idea principal fué evitarla. Esta actitud cambió gradualmente con el surgimiento de la mecánica estadística al comienzo del siglo XX. Para tratar con la inmanejable complejidad de los procesos mecánicos a nivel molecular, la

mecánica estadística recurrió al uso de promedios estadísticos y a la Teoría de Probabilidad. Sin embargo esta última no es capaz de manejar la incertidumbre en todas sus manifestaciones, en particular, no puede manejar la incertidumbre resultante de la ambigüedad producida al utilizar términos lingüísticos en el lenguaje natural.

Estas limitaciones son parte de las razones por las cuales se concibió una nueva teoría de incertidumbre, capaz de tratar con elementos como ambigüedad e imprecisión.

El origen de ésta teoría se puede considerar como la publicación de un artículo de Lofti A. Zadeh en 1965. Zadeh se interesó en los problemas de sistemas complejos y en cómo representarlos utilizando modelos simples. Dado que las herramientas matemáticas tradicionales resultaron inadecuadas para este propósito, Zadeh introdujo el concepto de «Conjunto Difuso (Fuzzy)»; un conjunto cuyo contorno no es definido o preciso.

---

## EVOLUCIÓN DE LA TEORÍA DE CONJUNTOS DIFUSOS

---

Al inicio de los años 70's surgió la idea de realizar «Control Fuzzy», diseñando y construyendo los primeros controladores fuzzy en esa misma década. Estos controladores se basan

en reglas de inferencia establecidas en lenguaje natural y representadas por conjuntos fuzzy. En esta década también evolucionaron ideas concernientes al uso de conjuntos fuzzy en reconocimiento de patrones y se formó la Asociación Internacional de Sistemas Fuzzy (IFSA; International Fuzzy Systems Association), llevando a cabo la publicación de la revista de esta asociación, «Fuzzy Sets and Systems».

Durante los 80's además de darse un desarrollo en la Teoría de los Conjuntos Fuzzy, se realizaron aplicaciones prácticas de los descubrimientos teóricos. Como resultado de las investigaciones, especialmente en Japón, se han fabricado productos cuyo diseño funcional está basado en la Teoría de Conjuntos Fuzzy. Esta tendencia ha evolucionado de tal manera que ahora existen, por ejemplo, automóviles cuyas transmisiones y frenos antiderrapantes son controladas por circuitos lógicos fuzzy.

Existen diversas áreas donde se ha descubierto la utilidad de aplicar la teoría Fuzzy a sus actividades; por ejemplo, finanzas, psicología, química, ecología, economía, etc.; además de aquellas actividades de ingeniería tales como sistemas expertos, sistemas de información, robótica, etc. entre otras.

---

**CARACTERÍSTICAS DE LOS  
CONJUNTOS FUZZY**

---

El concepto de un conjunto cuyo contorno no es definido, contrasta con el concepto clásico de conjuntos, actualmente denominado conjunto preciso o claro (Crisp Set), cuyo contorno se requiere que sea bien definido. Esto es, un conjunto preciso o crisp, es un grupo de objetos para los cuales es sabido si cualquier objeto dado pertenece al conjunto o no.

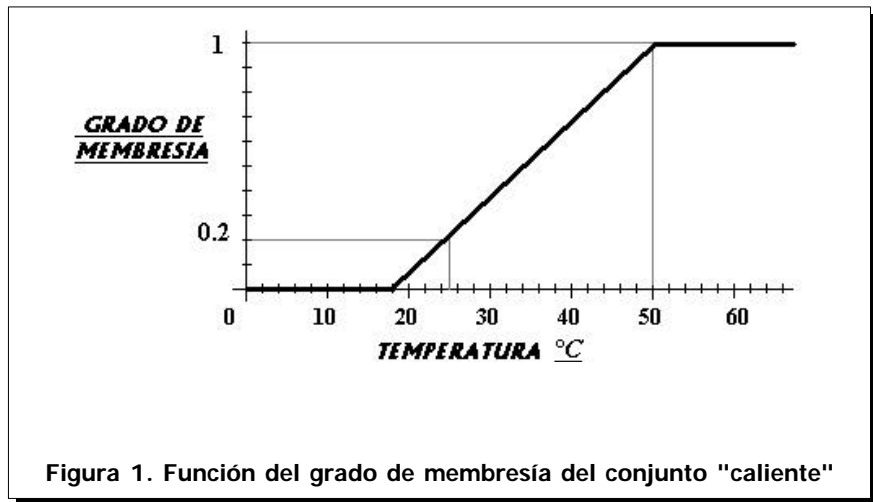


Figura 1. Función del grado de membresía del conjunto "caliente"

Contrarios a los conjuntos precisos clásicos, los conjuntos fuzzy (o difusos) no tienen contornos definidos. El ser miembro de un conjunto fuzzy no significa que se pertenezca o no de una manera definitiva al mismo. Un miembro puede pertenecer al conjunto en un mayor o menor grado.

Se puede definir a un conjunto fuzzy asignando a cada elemento del mismo, un número entre 0 y 1, el cual indica el grado de membresía o pertenencia al conjunto, dependiendo del contexto en el cual se establezcan las características del conjunto fuzzy.

Por ejemplo, supóngase un conjunto fuzzy denominado «caliente», cuyos miembros son las temperaturas a las cuales se considera que un objeto está caliente. Se establece que ese objeto deja de estar frío a los 25°C y llega a su máxima temperatura a los 50°C.

De esta forma, a una temperatura de 0°C, el objeto definitivamente no está caliente, por lo que a 0°C se le asigna un grado de membresía de 0. A una temperatura de 25°C el objeto ya no está frío, pero tampoco está totalmente caliente, por lo que para esta temperatura el grado de membresía es de 0.2. A una temperatura

de 50°C en adelante, el objeto está totalmente caliente, por lo que a esas temperaturas se les asigna el máximo grado de membresía, que es de 1.

En general, el grado de membresía de un elemento en un conjunto fuzzy, se incrementa conforme el elemento satisface las características establecidas para el conjunto fuzzy dado. A la asignación del grado de membresía a cada elemento en el conjunto fuzzy, se le denomina *Función del Grado de Membresía* del conjunto fuzzy.

Un ejemplo de esta función, reflejando el contexto particular del conjunto «caliente» se muestra en la **figura 1**.

Finalmente, cada conjunto fuzzy es determinado por una función particular del grado de membresía, la cual asigna a cada elemento de interés su grado de membresía en el conjunto. Aunque no es necesario, es conveniente expresar el grado de membresía por números entre 0 y 1.

---

**BIBLIOGRAFÍA**

---

- [1] George J. Klir, Bo Yuan, Ute H. St. Clair. *«Fuzzy Set Theory»*. Prentice Hall, 1997.
- [2] Timothy J. Ross. *«Fuzzy Logic with Engineering Applications»*, McGraw Hill, 1995.
- [3] M. J. Patyra, D. M. Mlynek. *«Fuzzy Logic, Implementation and Applications»*, Wiley Teubner, 1996