



Tomado de: <https://pixabay.com/es/photos/caf%C3%A9-computadora-la-obra-trabajo-3047385/>

Cómputo con palabras para evaluar la eficiencia organizacional con ANFIS

Computing with words with ANFIS to evaluate the organizational efficiency

Pascual Noradino Montes-Dorantes*, Bertha Alicia Garza-Ruiz, Gerardo Maximiliano-Méndez

RESUMEN

En este artículo se analizan las razones por las que no se pueden asignar en una organización valores numéricos de forma simple a sus componentes, ya que el uso de las variables lingüísticas estas, son difíciles de ser medidas con precisión por métodos tradicionales. Por ello, se expone un método novedoso para evaluar la eficiencia de una organización por medio de los modelos de cómputo suave, como lo son la Red Adaptativa Neuro-Difusa (ANFIS por sus siglas en inglés) y el cómputo con palabras que son capaces de realizarlo al transformar los datos lingüísticos en numéricos y viceversa. El campo de investigación incluye una revisión básica de la literatura y una postura reflexiva de los investigadores. El objetivo principal es desarrollar y probar un modelo para evaluar la eficiencia de la organización apoyada en técnicas de inteligencia artificial como la red adaptativa de inferencia difusa (ANFIS). La propuesta es relevante y pertinente dado que hoy en día aún no existe un consenso entre los diferentes expertos en los diferentes campos de la ciencia de lo que es la organización. Se concluye que es necesaria una definición ingenieril debido a que el concepto requiere de una aproximación matemática dada la falta de consenso, lo complejo del mismo, la no linealidad y la incertidumbre generada por el uso del lenguaje natural y a la falta de modelos de evaluación de eficiencia.

Palabras clave: Cómputo con palabras, lenguaje natural, evaluación, sistema de información.

Fecha de recepción: 05.05.2020 / **Fecha de aceptación:** 30.06.2020

***Autor para correspondencia:** pascualresearch@gmail.com **Dirección:** Universidad Autónoma del Noreste (UANE), Campus Saltillo.

ABSTRACT

This paper discusses why numeric values cannot be easily assigned to the organization components, as the use of linguistic variables that are difficult to be accurately measured by traditional methods. For this reason, a novel method is presented to evaluate the efficiency of an organization through soft computing models, such as the Neuro-Diffuse Adaptive Network (ANFIS) and the computing with words that are capable of doing so by transforming linguistic data into numerical data and vice versa. The field of research includes a basic review of the literature and a thoughtful posture of the researchers. The main objective is to develop and test a model to evaluate the efficiency of the organization supported by artificial intelligence techniques such as the adaptive fuzzy inference network (ANFIS). The proposal is relevant given that today there is no consensus among the different experts in the different fields of science of what the organization is. It is concluded that an engineering definition is necessary because the concept requires a mathematical approximation given the lack of consensus, the complexity of it, the non-linearity and uncertainty generated by the use of natural language and the lack of efficiency assessment models.

Keywords: Computing with words, natural language, evaluation, information system.

INTRODUCCIÓN

La organización presenta un fenómeno complejo ya que la conceptualización no está dada aún hoy en día como se muestra en Dorantes, Ruiz, & Méndez (2018a). Los principales autores muestran diferentes posturas de la concepción de la organización dada su experticia. En este aspecto, se han hecho aportes desde el campo de la lógica, ética, estética, psicología, metodología, antropología, sociología, estos son abordados por Montaña (2001).

Las posturas desde las diferentes ramas de la ciencia aunque han aportado a la definición de la organización, también han propiciado la fragmentación de este campo, como se muestra en la investigación de Ibarra (2000). Donde por medio de una línea del tiempo se desarrolla la integración de la teoría organizacional. En el mapa se muestra claramente la fragmentación de las teorías y enfoques (Figura 1). Partiendo del mapa conceptual de Ibarra (2000), se puede justificar la segmentación de la organización. A partir de lo anterior se tiene:

1. El medio ambiente no se ha tomado en cuenta (Montaña y Rendón, 2000).
2. No se han encontrado los mecanismos que permitan incluir: afectos (Montaña, 2001), las actitudes, sentimientos (Le-Breton, 2012) y las emociones (Le-Breton, 2012; Hodder, 2016) y en general el actuar social de las personas como se muestra en uno de los modelos clásicos de la comunicación denominado tuba de Schramm y es mencionado en Rocha (2015).
3. Los límites o fronteras de los diferentes factores o variables de entrada en la organización que sirven para modelar, evaluar y controlar el sistema organizacional no tienen límites definidos, son borrosos o difusos (Ibarra, 2000).
4. Se reconocen patrones que generan conjuntos de reglas de acción-reacción.
5. El lenguaje natural utilizado como menciona Mendel (2001) produce diferentes significados para diferentes personas (Figura 2) dada la interpretación propia y esto es corroborado por Dorantes, Gómez, Santoyo, & Méndez (2017) y proviene además de la sociedad, y la cultura de

la lengua madre ya que existen regionalismos y los significados no tienen la misma connotación en todos los lugares aunque la escritura y la pronunciación sea igual (Montaña, 2001) ya que existen más de 4500 lenguas y estas pueden ser procesadas por medios informáticos. Desde la postura naturalista como expresa Le-Breton (2012), se supone que una expresión es anatómicamente y fisiológicamente identificable e indiferente en cuestión interpretativa lo cual, es un error ya que, las emociones son diferentes para diferentes personas y de manera adicional se pueden falsear como lo establece Hodder (2016) aunque se requiere más investigación al respecto.

6. La connotación y la contextualización dependen de un solo punto del tiempo y como lo establece Álvarez-Gayou (2003, p.77) esto genera, un corte transversal en la investigación cuantitativa por lo tanto su evaluación variará cada que sea evaluado.

7. La organización, sus reglas y procedimientos son tratados similarmente como un absoluto enmascarando la manipulación de las evaluaciones y los resultados incluyendo los sentimientos, las emociones y las relaciones, por ello la organización requiere de la perspectiva ingenieril (Hodder, 2016).

8. La complejidad de las variables que intervienen dentro de las organizaciones provoca que las entradas al sistema sean reducidas a un tipo y capacidad manejable dentro de algún tipo de unidad ya sea: booleana, porcentual, lingüística, numérica entre otras para reducir su complejidad produciendo, sistemas flojamente acoplados, con independencia de las variables e incompatibles en sus entradas (Weick, 1976), Figura 3.

En la figura 3, claramente se observa que las aproximaciones a la representación del modelo de Montaña y Rendón (2000) presentan parecido significativo con los modelos de Red Neuronal Artificial (ANN) al usar valores normalizados e.g. 0.45 del mismo modo que una red neuronal usa pesos sinápticos (Figura 4). Una ANN es un modelo matemático que presenta una función de la forma (1) donde cada varia-

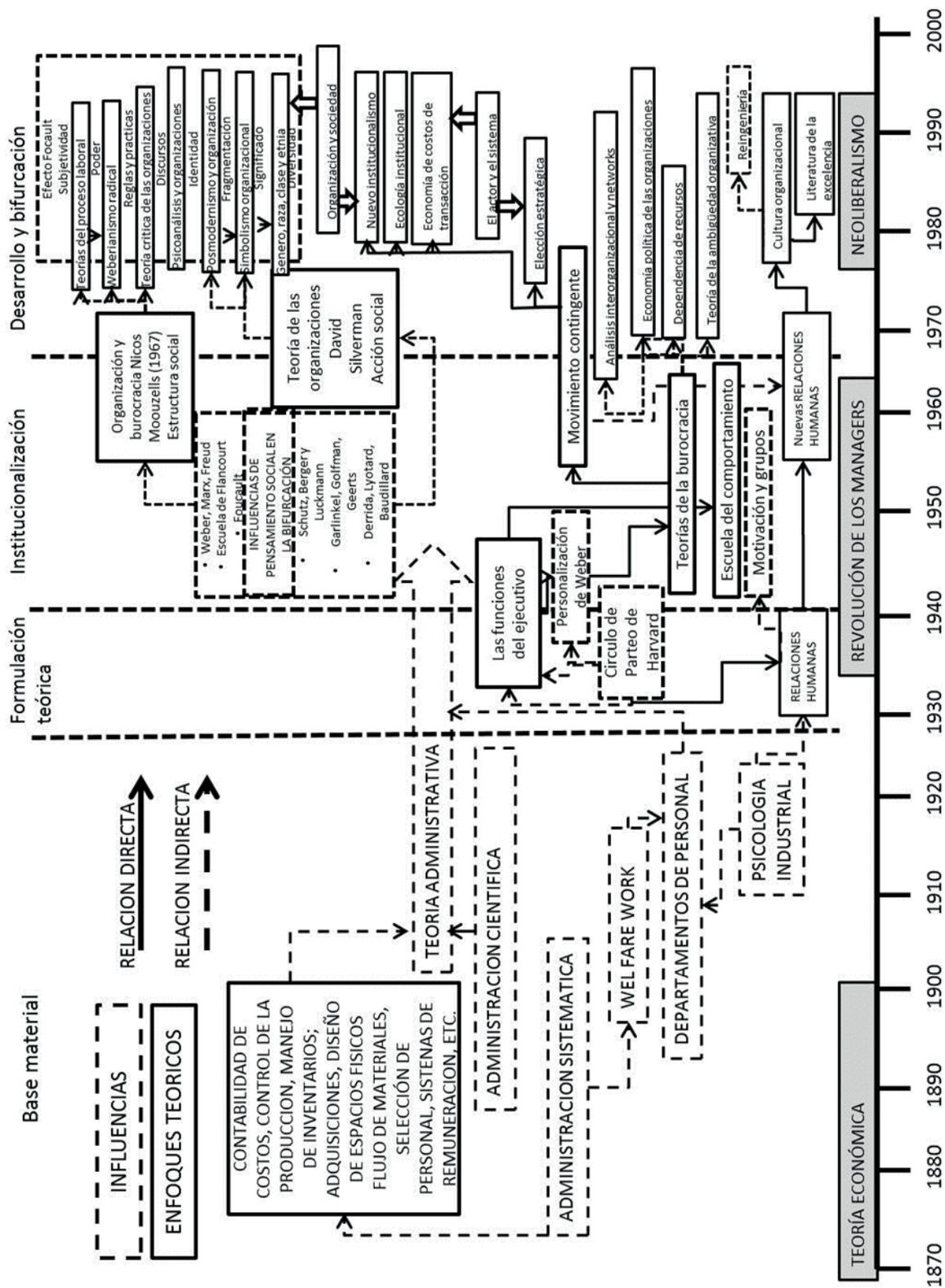
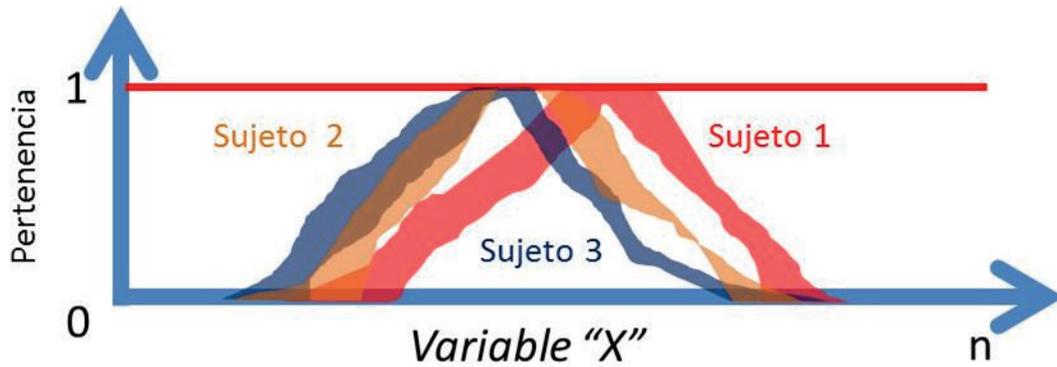
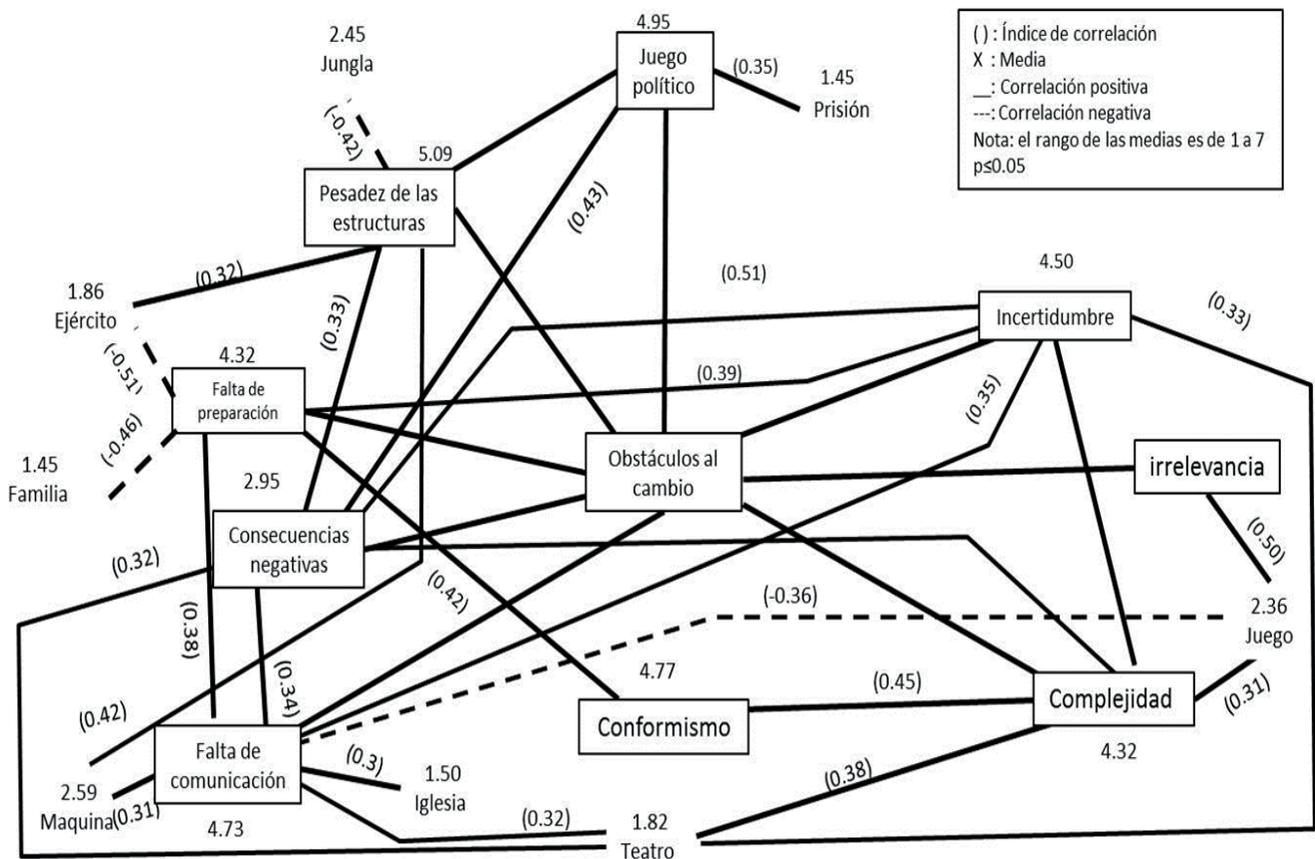


Figura 1. Evolución y aportes a la teoría organizacional. Adaptado de Ibarra (2000).
 Figure 1. Organizational theory contributions and evolution. Adapted from Ibarra (2000).



■ Figura 2. Variaciones de interpretación de un concepto (Huellas de incertidumbre). Fuente: Mendel (2007).
 Figure 2. Interpretative variations of a concept (Footprints of uncertainty). Adapted from Mendel (2007).



■ Figura 3. Representaciones metafóricas y obstáculos al cambio. Adaptado de Montañó y Rendón (2000, p.71).
 Figure 3. Obstacles to change metamorphical representations. Adapted from Montañó y Rendón (2000, p.71).

ble presenta una neurona y una función simple del mismo modo que las neuronas humanas, estas neuronas artificiales tienen ramificaciones similares a las dendritas de una neurona biológica y con ellas se establecen conexiones a otras neuronas (Figura 5). Definida por Aldabas-Rubira (2002) como “la unión de múltiples funciones o neuronas artificiales para describir matemáticamente y por completo a un problema de forma matemática o en otras palabras es “un sistema de computación hecho por un gran número de elementos simples, elementos de proceso interconectados, los cuales procesan información por medio de su estado dinámico como respuesta a entradas externas (p. 1)”

$$f(x) = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n \quad (1)$$

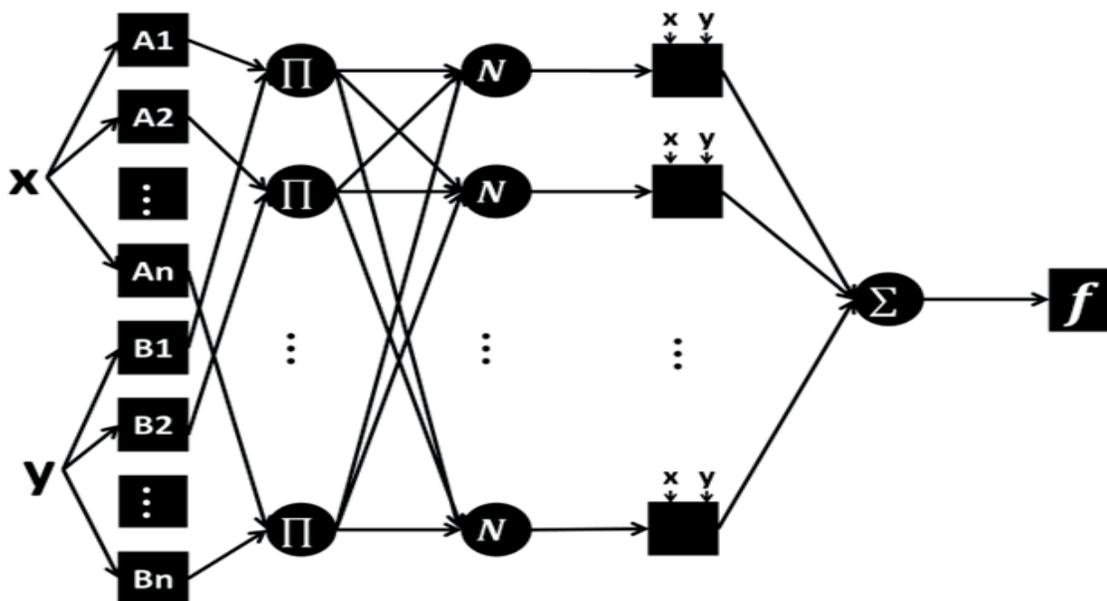
En este caso los valores normalizados implican los factores sociales en el modelo organizativo de cambio. El esquema presenta desorganización que produce confusiones en las interrelaciones al momento de tratar de interpretarlo y además faltan pesos sinápticos entre las interconexiones que hace que no se tengan todas las respuestas posibles. Donde los valores “w” de la figura 4, representan los pesos si-

nápticos entre las neuronas y son equivalentes a los índices de correlación de las variables relacionadas con los obstáculos del cambio.

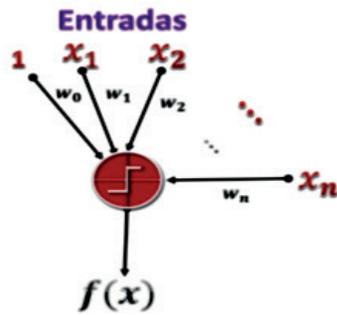
9. Se requiere observar el fenómeno desde la perspectiva heurística para generar modelos capaces de englobar todas las interpretaciones dentro del fenómeno social. (Hodder, 2016) dentro de las organizaciones modernas que presentan flexibilidad en los límites de sus reglas produciendo adaptación. Finalmente, los puntos expuestos no han sido incluidos en las teorías y modelos organizacionales debido a su incompatibilidad y a la falta de procesos que puedan medirlos.

Antecedentes

Para entender e interpretar la organización esta deberá ser definida. Dicha definición surge de las diferentes concepciones encontradas dentro de la literatura. Entre otras, se encuentran las recolectadas por Hall (1996) y algunos otros autores las cuales son expuestas en la Tabla 1. La conceptualización se encuentra sesgada debido a los paradigmas de cada investigador, como se muestra en la tabla 1, la experticia de cada autor presenta tendencias hacia un campo en



■ Figura 4. Topología del sistema neuro-difuso. Adaptado de Dorantes y col. (2018b).
Figure 4. Neuro-fuzzy system topology. Adapted from Dorantes y col, (2018b).



■ Figura 5. Neurona artificial.
Figure 5. Artificial neuron.

particular teniendo aproximaciones a la sociología, psicología, antropología, administración, entre otras.

2.1 Definiciones

- Weber (1947 en Hall, 1996) la define como “un grupo corporativo”, el cual cuenta con una organización social cerrada limitada a una serie de reglas.
- Banard, la define como “un sistema de actividades o fuerzas conscientemente coordinadas de dos o más personas” (Banard, 1968, p.73 en Hall, 1996).
- Marx, menciona la práctica humana de forma individual y colectiva sin diferenciar si se hacen actividades o productos (Heydebrand, 1977 en Hall, 1996). En este proceso sin definición conceptual, se alude a lo mencionado por otros autores ya que la práctica implica: acción social, la distribución de poder, de actividades y de un fin.
- Etzioni (1964 en Hall, 1996), la define como unidades sociales (o agrupamientos humanos contruidos y reconstruidos de forma deliberada para buscar líneas específicas. Se excluyen las tribus, clases, grupos étnicos y familias (p. 3).
- Scott (1964) la define como colectividades y adiciona las fronteras generadas por las características que la distinguen de otros grupos.
- Ayala, Peña, Pérez, Pérez, y Bravo (2016), definen como una organización inteligente la que es capaz de aprender del entorno y adaptarse por medio de los patrones que marca el propio entorno y sus competidores.

2.2 Cómputo con palabras

El cómputo con palabras (CWW) es una necesidad debido al uso del lenguaje natural del individuo. El CWW une el lenguaje natural con las herramientas clásicas de medición para obtener una gestión adecuada aun con la presencia de fronteras difusas causadas por el contexto o la interpretación, por lo tanto, este se utiliza cuando falta parcial o totalmente el conocimiento y también cuando es impreciso o vago. Estos factores, producen: disensión definida como incongruencia o falta de acuerdo, vaguedad, límites borrosos o falta de claridad e imprecisión o no especificidad en un contexto (Klir y Wilerman, 1998, p.103 en Mendel, 2001). El cómputo con palabras incluye también:

- El significado de las palabras usadas.
- La medición de un concepto.
- Las consecuencias de medición del significado usado.

CWW es también un método para el razonamiento, el cómputo y la toma de decisiones (Mendel, Zadeh, Trillas, Yager, Lawry, Hagra, & Guadarrama, 2010) y para la gestión en el uso del lenguaje natural. Finalmente, CWW hace posible la codificación para realizar el cambio de palabras a números y viceversa usando intervalos de valor para producir respuesta a un problema multivariado que requiere una aproximación multivariada cuando las variables no son compatibles.

| Autor | Concepto | Arista | Tópico |
|---------|--|-------------------------------|--|
| Weber | Grupo corporativo | Social | Reglamentación (Administrativo e ingenieril de tipo industrial, calidad) |
| Banard | Sistema de actividades | Coordinación | Cooperación (Sociológico) |
| Marx | Practica humana | Actividad productiva | Satisfacción de necesidades |
| Etzioni | Unidad social con una línea específica | Objetivos | Metas (Administrativo) |
| Scott | Colectividades con fronteras características | Colectividad o trabajo grupal | Distinción (Sociológico y antropológico) |
| Ayala | Ente capaz de aprender de su entorno | Sistemas | Sistemas basados en conocimiento (Ingeniería) |

■ Tabla 1. Aristas y tópicos organizativos, adaptada de Hall (1996).

Table 1. Topics and edges of organization, adapted from Hall (1996).

2.3 Sistemas expertos

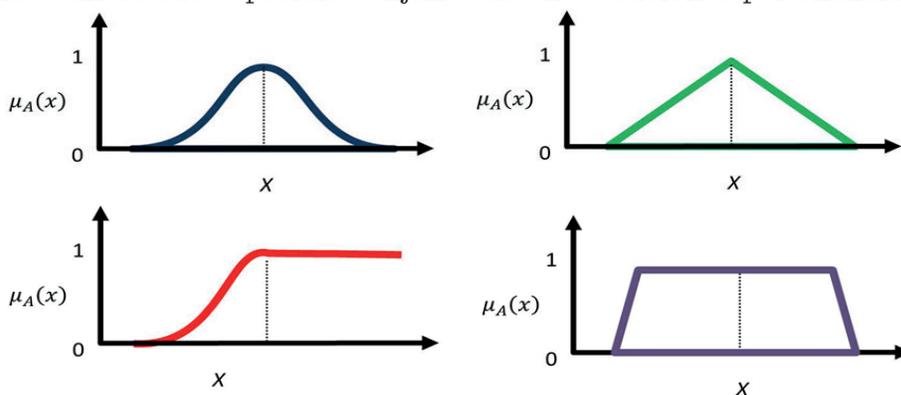
Los sistemas expertos o basados en conocimiento, han demostrado su capacidad de adaptación y aprendizaje en múltiples campos (Dorantes y Méndez, 2015; Dorantes y Méndez, 2016; Méndez, Dorantes, & Alcorta, 2020, entre otros), en ellos se realiza el proceso de aprendizaje por medio de simulación por iteraciones y un proceso de ajuste de los errores producidos en la simulación llamada entrenamiento, el cual, es representado por medio de retroalimentación y una serie de ciclos de repetición definidos por el usuario.

La base del sistema experto o basado en conocimiento, es el establecimiento de proposiciones causales del tipo SI ... Entonces, donde, se establece un estado o posible conjunto de en-

tradas y salidas del sistema que posteriormente se normalizan por medio de una función de pertenencia (Figura 6) y se activarán dependiendo de los datos de entrada y, a partir de ellos se genera un proceso de inferencia y unificación. Posteriormente, se unifican los resultados en una función matemática, y finalmente se produce su defusificación para obtener un valor de salida.

2.3.1 Sistema neuro-difuso

El sistema neuro-difuso es un clasificador que genera aproximaciones basándose en la distancia que existe entre una muestra y el patrón de conocimiento con el que cuenta la propia red. Opera mediante la asignación de pesos se obtiene un vector basado en funciones de distribución o pertenencia obteniendo la evaluación



■ Figura 6. Funciones de membresía. Adaptado de (Jang, Sun, & Mizutani, 1997, p.26).

Figure 6. Membership functions. Adapted from (Jang, Sun, & Mizutani, 1997, p.26).

para cada estado y la salida es dada por una sumatoria.

2.4 Algoritmo ANFIS

El sistema ANFIS presentado en Jang, *et al.* (1997) y en Dorantes y col (2018b) usa fusificación para normalizar las entradas, posteriormente utiliza la implicación por producto del sistema difuso tipo-1. Cada neurona realiza un cálculo matemático simple, por lo tanto, el Sistema ANFIS requiere de múltiples neuronas dispuestas en múltiples capas para ser implementado (Figura 4).

Capa 1. Esta capa, obtiene los valores normalizados de las entradas por medio de fusificación en un sistema difuso tradicional. La activación de las reglas depende de la dispersión de los conjuntos difusos y se registra de la siguiente forma:

Reglan: Si X es A_i y Y es B_i , entonces $f(x,y) = f_n$ (2)

$$f_n = p_i x_i + q_i y_i + r_i \quad (3)$$

dónde: p , q y r , son los coeficientes de la regla difusa, en este caso representan la función que describe el problema y son los valores para las variables.

$$O_{1,i} = \mu_A(x), \quad \text{para } i=1,2,\dots,n \quad (4)$$

$$O_{1,i} = \mu_{B_{i-n}}(y), \quad \text{para } i=(n+1),(n+2),\dots,m \quad (5)$$

$$\text{gaussiana}(x; \mu, \sigma) = e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (6)$$

Capa 2, proporciona los pesos (w_i) para el ANFIS. También actúa como implicación.

$$O_{2,i} = w_i = \mu_A(x) \cdot \mu_B(y), \quad i = 1,2 \quad (7)$$

Capa 3, proporciona un vector de salida difusa para cada regla activada.

$$O_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \quad i = 1,2 \quad (8)$$

Capa 4, proporciona la salida general del Sistema equivalente a la función de salida del Sistema tipo Sugeno.

$$O_{4,i} = \bar{w}_i f = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad (9)$$

Capa 5, representa la sumatoria del vector $\bar{w}_i f$ generado en la capa 4 y es equivalente a la función de aproximación.

$$O_{5,i} = \sigma \bar{w}_i f_i = \frac{\sigma w_i f_i}{\sigma_1 w_1} \quad (10)$$

3. Propuesta

La propuesta consiste en acoplar las diferentes variables para ensamblar el universo del discurso del sistema híbrido de red neuronal con un sistema difuso ANFIS mediante la adaptación de los universos del discurso de cada variables con el uso de funciones gaussianas de distribución para cada una de las variables y con ello producir una variante de normalización de los valores para producir la evaluación y la inferencia de la organización en un modelo completo dentro de un plan operativo anual (POA) organizacional evaluando la eficiencia del POA. Para la prueba del modelo se utilizó el objetivo estratégico D1 del POA de la Universidad Autónoma de Metropolitana para evaluar la eficiencia del sistema basado en los factores clave, (Tabla 2).

| Objetivo estratégico | Factores clave |
|---|---|
| DI Formar profesionales y ciudadanos de buena calidad, con liderazgo, compromiso, principios éticos y capacidad de cambio en el contexto social y profesional. | a) Contar con una oferta de licenciatura, posgrado y cursos de actualización diversificada, actualizada y pertinente que se reconozca por su calidad. b) Ampliar la matrícula en todos los niveles educativos. c) Incorporar el aprendizaje del inglés y de otras lenguas en la formación de los alumnos. |

■ Tabla 2. Objetivos estratégicos. Adaptado de UAM (2011, p.14).

Table 2. Strategic objectives. Adapted from UAM (2011, p.14).

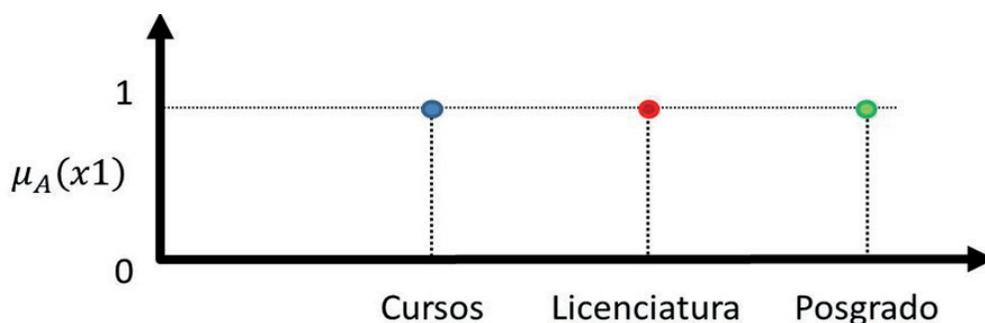
Este universo del discurso para las entradas establece todo el rango donde la variable puede obtener un valor aceptable. Por ejemplo, una calificación se compone de manera numérica de 0 a 100 o de manera lingüística puede definirse como: muy malo, malo, regular, bueno o muy bueno pero esta lingüística no permite que dicha variable se agregue a una función matemática, por lo tanto se requiere un acercamiento diferente como lo es el cómputo suave (Figuras 7-11). D1.a. Contar con una oferta de licenciatura, posgrado y cursos de actualización diversificada, actualizada y pertinente que se reconozca por su calidad.

Este factor se descompone en los siguientes universos para evaluación:

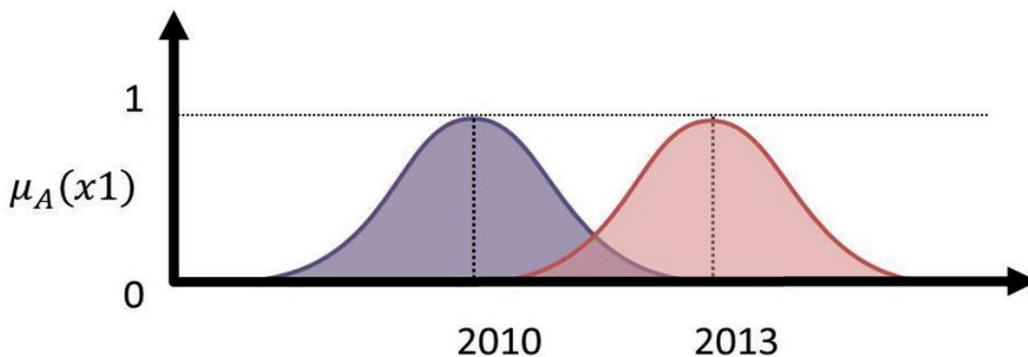
1. Contar con oferta de licenciatura, posgrado y cursos de actualización (Figura 7).

La oferta se descompone en tres variables del tipo Booleano o binario, sin embargo la nobleza del sistema experto permite que en la normalización se evalúe cada conjunto (licenciatura, posgrado y cursos) de manera particular convirtiéndolo de un universo discreto a uno continuo con un valor específico de 0 a 100 para obtener una calificación precisa de cada factor.

2. Oferta actualizada, dado que la actualización se puede darse en algún periodo durante el año corriente, se establecen funciones continuas para tomar en cuenta el periodo de actualización (Figura 8).



■ Figura 7. Universo del discurso para las variables booleanas.
Figure 7. Universe of disclosure for Boolean or binary variables.



■ Figura 8. Universo del discurso para las variables numéricas.
Figure 8. Universe of disclosure for numeric variables

a) Con calidad (la calidad se evaluará con el incremento en la matrícula expuesta en el factor D1.b), (Figura 9).

D1.c. Incorporar el aprendizaje del inglés y otras lenguas en la formación de los alumnos (Figura 10). En este caso particular solo se tiene información del idioma inglés y por ello se establece su universo como una variable porcentual.

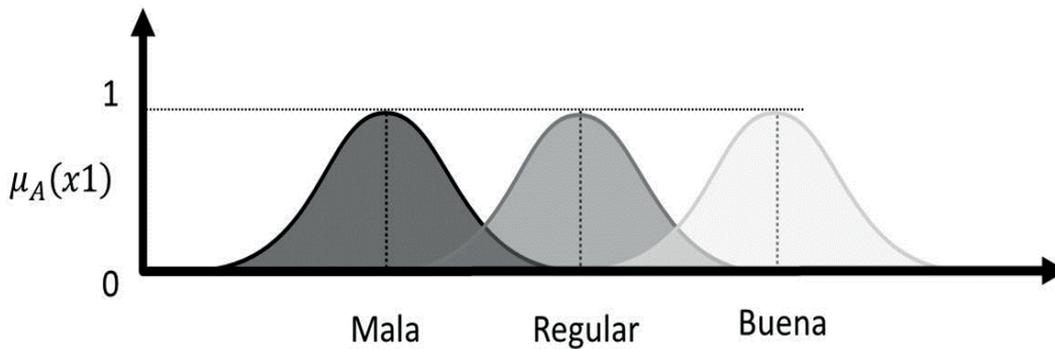
b) Generar el universo del discurso para la salida de la variable eficiencia (Figura 11) y las reglas difusas. Como se menciona en el paso uno se requiere la definición de una escala numérica de 0 a 100 para obtener una calificación resultado y que esta escala (lingüística)

sea entendible para los usuarios de manera que se define desde muy mala a muy buena.

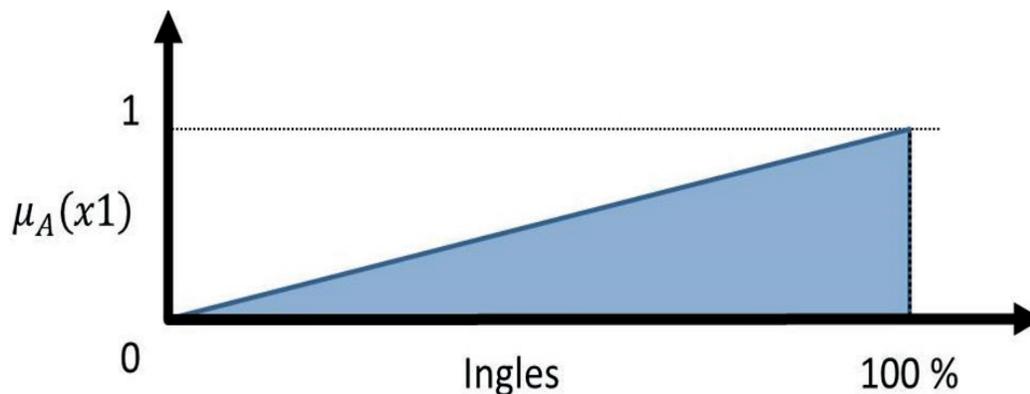
c) Generar la normalización de las entradas por medio de las funciones de pertenencia e.g funciones gaussianas.

La normalización de los las funciones de pertenencia o las propias calificaciones de cada entrada del sistema permiten que pueda realizarse una operación aritmética para obtener una calificación global que permita al usuario ver en qué posición esta y que tanto requiere mejorar para cambiar a la siguiente calificación. Por ejemplo, pasar de regular a bueno.

d) Generar el vector de salida por medio de



■ Figure 9. Universe of discourse for the linguistic variables. Elaboración propia.
Figure 9. Universe of disclosure for linguistic variables.



■ Figure 10. Universe of discourse for the linguistic variables. Elaboración propia.
Figure 10. Universe of disclosure for linguistic variables.

una función por producto usando los coeficientes de los incisos a-c. Una vez obtenida la normalización se tienen estandarizados todos los valores de las variables de entradas y simplemente se puede establecer una operación aritmética para obtener la calificación numérica final.

e) Obtener el valor final de salida por medio de la sumatoria del inciso d.

La calificación final se obtiene con una suma de todos los coeficientes obtenidos del universo del discurso de las entradas y la normalización que será sumada y obtendrá un valor numérico de 0 a 100.

f) Generar la defusificación lingüística por medio de la tabla de comparación usando el universo del discurso de la figura 11. Con el valor final de la suma del paso anterior ese valor será convertido por la ANN a un valor lingüístico teniendo la calificación de salida. Por ejemplo, muy bueno que significaría que el valor obtenido es mayor que 81 y menor o igual que 100.

c) Generar la normalización de las entradas por medio de las funciones de pertenencia e.g funciones gaussianas.

La normalización de los las funciones de per-

tenencia o las propias calificaciones de cada entrada del sistema permiten que pueda realizarse una operación aritmética para obtener una calificación global que permita al usuario ver en qué posición esta y que tanto requiere mejorar para cambiar a la siguiente calificación. Por ejemplo, pasar de regular a bueno.

d) Generar el vector de salida por medio de una función por producto usando los coeficientes de los incisos a-c.

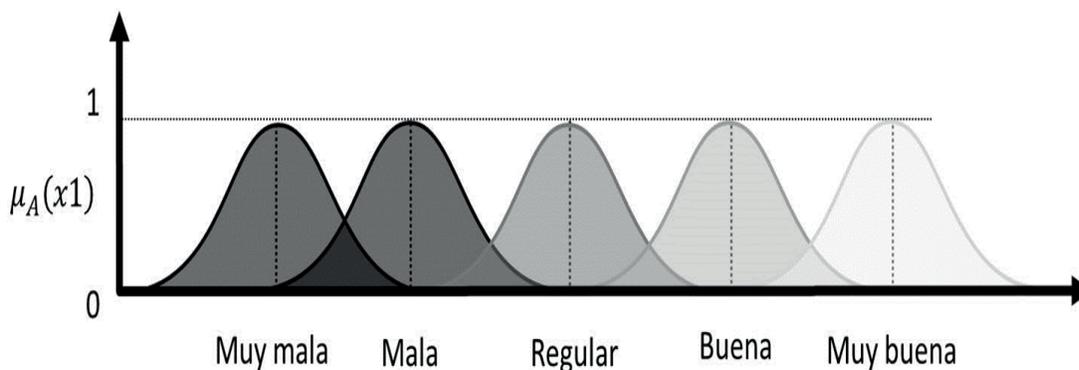
Una vez obtenida la normalización se tienen estandarizados todos los valores de las variables de entradas y simplemente se puede establecer una operación aritmética para obtener la calificación numérica final.

e) Obtener el valor final de salida por medio de la sumatoria del inciso d.

La calificación final se obtiene con una suma de todos los coeficientes obtenidos del universo del discurso de las entradas y la normalización que será sumada y obtendrá un valor numérico de 0 a 100.

f) Generar la defusificación lingüística por medio de la tabla de comparación usando el universo del discurso de la figura 11.

Con el valor final de la suma del paso anterior ese valor será convertido por la ANN a un valor lingüístico teniendo la calificación de salida. Por



■ Figura 11. Universo del discurso para la variable salida de forma lingüística.
Figure 11. Universe of disclosure for output linguistic variable.

ejemplo, muy bueno que significaría que el valor obtenido es mayor que 81 y menor o igual que 100.

Resultados

Los resultados obtenidos por medio de la simulación indican una precisión promedio de en el resultado de 88.4% en el primer modelo de aproximación (Tabla 3).

Los resultados obtenidos presentan un error promedio de 11.6 % el cual, resulta adecuado para una red neuronal según la literatura, Anderson (2007). Las redes neuronales comúnmente presentan una eficiencia aproximada de un 80 % dando soluciones adecuadas pero, solo son parciales y pueden tardar años en converger a una solución óptima o sub-óptima dentro del proceso de entrenamiento. En la toma de decisiones el grado de certidumbre con la aproximación generada es aceptable ya que se trabaja con las incertidumbres provenientes del uso de lenguaje, la interpretación y la contextualización la cual produce las

variaciones presentadas.

Los resultados obtenidos muestran que las aproximaciones generadas por el sistema experto basado en una red neuronal artificial neurodifusa con salida lingüística hibridada con cómputo por palabras son adecuadas, su grado de certidumbre es adecuado dado el entorno, y es adecuado para la medición de la eficiencia organizacional en una escala de malo a bueno en tres estados (malo, regular y bueno), tal como señala la tabla 3, presenta el estado en donde se encuentra la organización y con su valor difuso se puede observar cuanto es necesario mejorar para pasar al siguiente estado, e.g., si se tiene un valor de 2.41 se requiere mejorar 0.1, en el caso del tercer renglón de la Tabla 3, la mejora necesaria es la actualización de los planes de estudio para producir una mejora de 0.3, lo cual ubicaría la eficiencia en el estado bueno y con ello se puede calificar a la organización como eficiente aunque sigan existiendo áreas de oportunidad.

| Resultado | | | | | | | | |
|-----------|---------|---------------|--------------|----------|----------|---------------|---------------|---------|
| Inglés % | Calidad | Actualización | Oferta | Esperado | Obtenido | Salida difusa | Intervalo CWW | Error % |
| 0 | Regular | 2010 | Cursos | Mala | Regular | 1.83 | 0-1.49 | 0.34 |
| 10 | Regular | 2010 | Posgrado | Buena | Regular | 2.34 | 2.51-3 | 0.17 |
| 10 | Buena | 2010 | Posgrado | Buena | Regular | 2.41 | 2.51-3 | 0.1 |
| 10 | Buena | 2010 | Licenciatura | Regular | Bueno | 2.61 | 1.51-2.49 | 0.12 |
| 0 | Buena | 2013 | Posgrado | Buena | Regular | 2.33 | 2.51-3 | 0.18 |
| 0 | Buena | 2013 | Posgrado | Buena | Regular | 2.44 | 2.51-3 | 0.07 |
| 10 | Buena | 2013 | Posgrado | Buena | Bueno | 2.11 | 1.51-2.49 | 0 |
| 10 | Buena | 2013 | Posgrado | Buena | Regular | 2.45 | 2.51-3 | 0.06 |
| 10 | Buena | 2013 | Posgrado | Buena | Bueno | 2.63 | 2.51-3 | 0 |

■ Tabla 3. Concentrado de resultados del sistema ANFIS para la evaluación de la eficiencia de la organización educativa.

Table 3. Results for the ANFIS system in the evaluation of efficiency of educational organization.

CONCLUSIONES

La organización, puede definirse como un ente complejo demarcado por un sinnúmero de factores como los sociales, culturales, ambientales, lingüísticos, emocionales, entre otros y su compatibilidad es muy poca o nula dependiendo del punto en que se observe y a las unidades asignadas a cada tópico para la medición las cuales adicionalmente, tienen fronteras o límites difusos, ambiguos o poco claros. Por los motivos anteriores, no se puede estructurar una representación del sistema de forma simplificada. Se requiere una aproximación por medio de una función matemática de orden superior, que además, tome en cuenta el lenguaje. Lo anterior, solo es posible utilizando sistemas expertos con bases de conocimiento y sustentadas en reglas establecidas por medio de patrones y proposiciones causales.

Los sistemas inteligentes ayudan a establecer de manera simplificada la representación simbólica y del lenguaje en el modelado del sistema, permiten sus interacciones por medio de funciones de pertenencia, pudiendo generar una salida que evalúe el modelo por medio de una ecuación polinómica que proporciona una respuesta de salida a partir de la combinación de múltiples tipos de variables. Como trabajo futuro se tiene previsto la ampliación del modelo con otras variables y la adaptación con una base de datos más amplia y un proceso de entrenamiento para reducir el error.

REFERENCIAS

Aldabas-Rubira, E. (2002). Introducción al reconocimiento de patrones mediante redes neuronales. IX Jornades de Conferències d'Enginyeria Electrònica del Campus de Terrassa, Terrassa, España, del 9 al 16 de Diciembre del 2002.

Álvarez-Gayou, J. L. (2003). *Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología*. Colección Paidós Educador. México: Paidós Mexicana.

Anderson, J. A. (2007). *Redes Neuronales*. Alfaomega.

Ayala, G., Peña, M., Pérez, F., Pérez, C. y Bravo, A. (2016). Modelo de gestión de conocimiento para los centros de producción de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. *Theorēma*, 1, 199-214.

Dorantes, P. N. M., Gómez, M. A. J., Santoyo, A. M., & Méndez, G. M. (2017) Fuzzy look-up table for knowle-

dge management and decision making. *Educational Alternatives*, 15, 181-191.

Dorantes, P. N. M., & Mendez, G. M. (2015). Non-iterative radial basis function neural networks to quality control via image processing. *IEEE Latin America Transactions*, 13(10), 3447-3451.

Dorantes, P. N. M., & Mendez, G. M. (2016). Type-2 fuzzy logic systems for temperature evaluation in ladle furnace. *IEEE Latin America Transactions*, 14(8), 3914-3920.

Dorantes, P. N. M., Ruiz, B. A. G., & Méndez, G. M. (2018a). Organización como un concepto multidisciplinar que produce ambigüedad interpretativa. *EDUCIENCIA*, 3(2), 49-58.

Dorantes, P. N. M., Sánchez P. H., Cantú J. M., García, E., & Méndez G. M. (2018b). Design and optimization of Distribution Routes Using Evolutionary strategy and Type-1 Singleton Neuro-fuzzy systems. *IEEE Latin America Transactions*. 16(5), 1499-1507.

Hall, R. (1996). Organizaciones. Estructuras, procesos y resultados, Prentice Hall, México.

Hodder, R. (2016). Emotion, Organization, and Society. *Society*, 53(4), 425-434.

Ibarra, E. (2000). Teoría de la organización, mapa conceptual de un territorio en disputa. En E. de-la-Garza (Ed.), *Tratado Latinoamericano de Sociología del Trabajo* (pp. 245-283). México: FCE - FLACSO-UAM- COLMEX.

Jang, J. S. R., Sun, C. T., & Mizutani, E. (1997). *Neuro-fuzzy and soft computing, a computational approach to learning and machine intelligence*. Prentice Hall, Inc., Simon & Schuster/A Viacom Company, Upper Saddle River, NJ.

Le-Breton, D. (2012), Por una antropología de las emociones. *Revista Latinoamericana de Estudios sobre Cuerpos, Emociones y Sociedad*, 4(10), 67-77.

Mendel, J. M. (2001). *Uncertain Rule-Based Fuzzy Logic Systems: Introduction and New Directions* Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.

Mendel, J. M. (2007). Computing with words and its relationships with fuzzistics. *Information Sciences*, 177(4), 988-1006.

Mendel, J. M., Zadeh, L.A., Trillas, E., Yager, R., Lawry, J., Hagra, H., & Guadarrama, S (2010), 'What computing with words means to me' [discussion forum]. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 5(1), 20-26.

Méndez, G. M., Dorantes, P. N. M., & Alcorta, M. A. (2020). Dynamic adaptation of the PID's gains via Interval type-1 non-singleton type-2 fuzzy logic systems whose parameters are adapted using the backpropagation learning algorithm. *Soft Computing*, 24(1), 17-40.

Montaño, L. (2001). La razón, el afecto y la palabra: reflexiones en torno al sujeto en la organización. *Iztapalapa*. El sujeto construcción y deconstrucción, 21(50), 191-212.

Montaño, L. y Rendón M. (2000). La noción de organización. *Iztapalapa*, 48, 63- 84.

Rocha, E. (2015). *Investigación y teorías de la comunicación masiva*. 1ª Ed. México, D.F: Pearson.

UAM (2011). *Plan de desarrollo institucional 2011-2024*. Recuperado de http://www.uam.mx/pdi/pdi/pdi_2011_2024/assets/downloads/PDI_2011-2024.pdf. Fecha de consulta: 10 de enero de 2020.

Weick, K. (1976). Educational Organizations as Loosely Coupled Systems, *Administrative Science Quarterly*, 21(1), 1-19.