



Reseña

Lotfi Zadeh: el genio creador de la lógica borrosa

Lotfi Zadeh: the genius creator of fuzzy logic

Carlos Lameda Montero^a, Ennodio Torres Cruz^{a,b}

^aUniversidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre". Barquisimeto, Venezuela.

^bUniversidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto, Venezuela.

Recibido: 01-10-2018

Aceptado: 24-10-2018

Resumen

Lotfi Asker Zadeh: matemático, ingeniero electricista, informático y profesor Iraní- estadounidense de la Universidad de California en Berkeley. Creó la teoría de conjuntos borrosos y la lógica borrosa. Zadeh es uno de los más notables genios de la época actual. Entre sus otras creaciones están el método de la transformada Z, el enfoque de la teoría de sistemas lineales basado en estados, variables lingüísticas, control borroso, razonamiento aproximado, teoría de la posibilidad, "soft computing", computación con palabras, teoría computacional de las percepciones, teoría de la granulación de la información borrosa, teoría generalizada de la incertidumbre, y números Z.

Palabras clave: Zadeh, conjuntos borrosos, lógica borrosa, teoría generalizada de la incertidumbre, número Z.

Abstract

Lotfi Asker Zadeh: mathematician, electrical engineer, computer scientist and Iranian-American professor at the University of California in Berkeley. He created the theory of fuzzy sets and fuzzy logic. Zadeh is one of the most remarkable geniuses of the current era. Among his other creations are the Z-transform method, the approach of the theory of linear systems based on states, linguistic variables, fuzzy control, approximate reasoning, theory of possibility, "soft computing", computation with words, computational theory of perceptions, theory of the granulation of fuzzy information, generalized theory of uncertainty, and Z-numbers.

Key words: Zadeh, fuzzy sets, fuzzy logic, generalized theory of uncertainty, Z-number.

1. Introducción

Lotfi Zadeh nació en Bakú, la capital de Azerbaiyán, en ese entonces parte de la República Socialista Soviética, el 4 de febrero de 1921. Su padre era corresponsal extranjero y hombre de negocios, y su madre era médica. En Bakú, estudió tres años en la Escuela Elemental No. 16. Aún cuando sus padres tenían un estándar de vida alto, la situación en el país para esa fecha empeoraba, con largas colas en las panaderías y dificultad para adquirir alimentos. Motivado a esa crisis alimentaria, decidieron mudarse a Irán en 1931. Lotfi culminó la educación secundaria en el Colegio Americano de Teherán. Estudió ingeniería eléctrica en la Universidad de Teherán, graduándose en 1942 [1, 2].

Emigró a Estados Unidos de América en 1944. Estudió una maestría en Ingeniería en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), y se graduó en febrero de 1946. Su tesis fue “*An Investigation of Current Distribution and Radiation Field of a Solenoidal Antenna*” (Una investigación de la distribución de corriente y el campo de radiación de una antena solenoidal). Había planeado estudiar para su doctorado en el MIT, pero sus padres emigraron a Nueva York en 1945, por lo que logró encontrar trabajo como instructor y al mismo tiempo realizar estudios doctorales en la Universidad de Columbia, Nueva York. En marzo de 1946 contrajo matrimonio con Fay, el amor de su vida [2, 3, 4].

Como instructor en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Columbia fue responsable de enseñar las teorías de circuitos y electromagnetismo. Se le otorgó un doctorado (PhD) por su tesis “*Frequency Analysis of Variable Networks*” (Análisis de frecuencia de redes variables), en 1949, bajo la supervisión del Profesor John Ragazzini [3, 4, 5].

Escribió su primer artículo de investigación en 1949, titulado “*Probability criterion for the design of servomechanisms*” [6]. En 1950 fue coautor con el Prof. Ragazzini de un artículo importante, “*An extension of Wiener’s theory of prediction*” [7]. Este trabajo encontró aplicación en el diseño de filtros de memoria finita. En 1952 escribió con el Prof. Ragazzini un artículo sobre lo que se ha conocido como el método de la transformada Z, ampliamente utilizado actualmente en el procesamiento digital de señales [8]. Ascendió a profesor titular en 1958, trabajó como profesor de la Universidad de Columbia hasta julio de 1959, cuando se trasladó a la Universidad de California (UC) en Berkeley.

En 1963 fue coautor de un libro con el Profesor Charles DeSoer, *Linear System Theory—The State Space Approach* [9] en el que se describe un enfoque novedoso de la teoría de sistemas lineales basado en estados. El libro inició una nueva dirección en la teoría de sistemas y tuvo un impacto significativo en su evolución. Sus ideas y resultados fueron fuentes de varios enfoques modernos en análisis de sistemas y control automático. En la actualidad, el enfoque de espacios de estado es ampliamente usado en ingeniería de sistemas, con aplicaciones que van desde robots industriales al control de movimiento en vehículos.

2. Fuzzy Sets

El tratamiento conceptual de un conjunto a través de su función de pertenencia es una idea original de Zadeh, quien la hizo pública en el año 1965 [10] con su famoso artículo “*Fuzzy Sets*”. Este artículo constituyó un punto crucial en su investigación, ya que de ahí en adelante la mayoría de sus publicaciones se relacionaron con la teoría de conjuntos borrosos y la lógica borrosa. La introducción de un conjunto borroso (o conjunto difuso), con delimitaciones vagas o imprecisas, descritos mediante funciones de pertenencia ofrece una base apropiada para el razonamiento, toma de decisiones y modelado de sistemas humanísticos complejos. En este artículo definió el concepto de conjunto borroso, sugirió varias formas de especificar operaciones de intersección y unión, introdujo la operación de pseudo-complementación, relaciones borrosas, formuló el principio de extensión, y otros importantes principios y conceptos. De este artículo presentamos a continuación un fragmento de su texto:

Let X be a space of points (objects), with a generic element of X denoted by x . Thus, $X = \{x\}$. A *fuzzy set (class)* A in X is characterized by a *membership (characteristic) function* $f_A(x)$ which each point in X a real number in the interval $[0, 1]$, with the value of $f_A(x)$ at x representing the “grade of membership” of x in A .

En esta definición, Zadeh destaca, en cursivas y con paréntesis, que la función de pertenencia $f_A : X \rightarrow [0, 1]$ del conjunto A (borroso) es una generalización de la función característica $\varphi_A : X \rightarrow \{0, 1\}$ del conjunto A (nítido), manteniendo el dominio pero reemplazando el codominio binario $\{0, 1\}$ con el codominio infinito no numerable $[0, 1]$; además, introduce la noción de “grado de pertenencia” en correspondencia con la noción de “grado de verdad” de las lógicas polivalentes. Los estudios de Zadeh sobre las lógicas polivalentes los realizó en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton y su facilitador más influyente fue el lógico y matemático estadounidense Stephen Cole Kleene [11], tal como lo expresa el propio Zadeh en [2]:

En el año escolar 1956/57, mientras era un miembro visitante del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, en Nueva Jersey, conocí a algunos de los principales intelectuales en ese tiempo. De particular importancia fue mi asistencia a un curso sobre la lógica impartido por Stephen Kleene. Sus conferencias fueron fuente de inspiración. Se convirtió en mi mentor en el campo de la lógica.

La influencia de Kleene en Zadeh se refleja en varias partes del famoso artículo “*Fuzzy Sets*”; especialmente cuando define el complemento, la unión y la intersección mediante fórmulas conocidas a través de publicaciones sobre la lógica polivalente desde sus inicios por Lukasiewicz [12].

The *complement* of a fuzzy set A is denoted by A' and is defined by

$$f_{A'} = 1 - f_A.$$

The *union* of two fuzzy sets A and B with respective membership functions f_A and f_B is a fuzzy set C , written as $C = A \cup B$, whose membership function is related to those of A and B by

$$f_C(x) = \text{máx} \{f_A(x), f_B(x)\}, \quad x \in X.$$

The *intersection* of two fuzzy sets A and B with respective membership functions $f_A(x)$ and $f_B(x)$ is a fuzzy set C , written as $C = A \cap B$, whose membership function is related to those of A and B by

$$f_C(x) = \text{mín} \{f_A(x), f_B(x)\}, \quad x \in X.$$

3. Conjuntos borrosos y lógica borrosa: teoría y aplicaciones

En 1968, reflejando su experiencia en la teoría de la probabilidad, publicó un artículo sobre medidas de probabilidad de eventos borrosos [13]. Este fue el primer artículo que relacionó el concepto de conjunto borroso con la teoría de la probabilidad. Las ideas descritas en este documento demostraron ser importantes en una variedad de campos, entre ellos el análisis de decisiones y la representación del conocimiento. En 1973 escribió el artículo “*Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes*” [14], y en 1975 el artículo “*The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning*” [15], en los que se describen los conceptos de variable lingüística y de reglas borrosas si-entonces. El concepto de variable lingüística, una variable cuyos valores son palabras en lugar de números, abrió la puerta a una extensa ampliación del lenguaje natural en ciencia e ingeniería. El artículo de 1973 dio apertura al control borroso, en un trabajo seminal de Mamdani y Asilian [16]. Hoy el control borroso es empleado en una amplia variedad de aplicaciones que van desde cámaras y electrodomésticos a mecanismos de transmisión en automóviles y de estabilización en barcos. En 1975, presentó el artículo “*Fuzzy logic and approximate reasoning*” [17]

Es de hacer notar que el término lógica borrosa (“*fuzzy logic*”) se usa en dos sentidos diferentes: estricto y amplio. En un sentido estricto, la lógica borrosa (o lógica difusa) es un sistema lógico que puede verse como una generalización de la lógica multivaluada. En un sentido amplio, la lógica borrosa es mucho más que un sistema lógico. Informalmente, la lógica borrosa se puede definir como un sistema de razonamiento y cálculo en el que los objetos de razonamiento y cálculo son clases con límites no nítidos (borrosos). En la lógica borrosa todo es, o se permite que sea, una cuestión de grado, incluidos los grados [1].

En 1978, publicó un artículo titulado “*PRUF—in meaning representation language for natural languages*” (PRUF: lenguaje de representación de significados para lenguajes naturales) [18]. Este documento fue el primero de una serie de artículos que tratan sobre la semántica de los lenguajes naturales. Por otra parte, también en 1978 Zadeh publicó el primer artículo sobre teoría de la posibilidad [19], el cual provee de una base para la aplicación de la teoría de la posibilidad a la semántica de lenguajes naturales.

En 1983 presentó el rol de la lógica borrosa en la gestión de la incertidumbre en sistemas expertos [20], en el cual se ha enfatizado que “el manejo de la incertidumbre es un asunto intrínsecamente importante en el diseño de sistemas expertos debido a que mucha de la información en la base de conocimiento de un sistema experto típico es impreciso, incompleto o no totalmente confiable”. La lógica borrosa hace posible tratar con diferentes tipos de incertidumbre dentro de un solo marco conceptual. En lógica borrosa, la deducción de una conclusión a partir de un conjunto de premisas se reduce, en general, a la solución de un programa no lineal a través de la aplicación de principios de proyección y extensión. Este enfoque para la deducción conduce a varios silogismos básicos que pueden ser usados en sistemas expertos. Entre ellos están el silogismo de intersección/producto, el modus ponens generalizado, el silogismo de conjunción consecuente, y la regla de reversibilidad de premisa principal.

4. Zadeh en la década de los 90

En 1991 Zadeh se convirtió en profesor emérito de UC Berkeley. En 1994 aparecieron dos artículos pioneros en Soft Computing [21, 22]. Esta iniciativa de Zadeh está relacionada estrechamente con la emergencia de sistemas híbridos en ciencias de la computación. Un sistema híbrido en Ciencias de la Computación incluye dos o más sistemas heterogéneos,

integrados por un objetivo compartido o acciones conjuntas, aun cuando estos subsistemas puedan tener diferente naturaleza y lenguaje de especificación [5]. En 1995 fue galardonado con la Medalla de Honor IEEE 1995 "por su desarrollo pionero de lógica borrosa y sus diversas aplicaciones".

Basado en la metodología de la lógica borrosa y como su "contribución principal", describió un esquema para calcular con palabras ("*Computing with Words*", CW) en lugar de la computación exacta con números [23]. Basándose en la metodología de CW, describió una "Teoría computacional de las percepciones" (CTP) en la que "Las palabras desempeñan el papel de las etiquetas de las percepciones y, más generalmente, las percepciones se expresan como proposiciones en el lenguaje natural". Con estos enfoques se propuso establecer una nueva dimensión de la investigación en inteligencia artificial [3].

En 1997, Zadeh formula algunos fundamentos de la Teoría de la Granulación de la Información Borrosa ("*Theory of Fuzzy Information Granulation*", TFIG) [24]. Zadeh especificó el término gránulo como "una colección de objetos que son reunidos por indistinguibilidad, similitud, proximidad o funcionalidad". Hay varias clasificaciones de gránulos: gránulos nítidos y borrosos, gránulos de información y conocimiento, gránulos de tiempo y espacio, entre otros [5].

5. Zadeh entre los años 2000 y 2010

En el año 2002 escribe el artículo titulado "*Toward a perception-based theory of probabilistic reasoning with imprecise probabilities*" [25], en el cual se asume que las probabilidades y los eventos se basan en la percepción y no en mediciones. Además, se establece que las percepciones se describen en lenguaje natural. Las ideas descritas en este artículo evolucionaron hacia lo que llamó teoría generalizada de incertidumbre ("*Generalized Theory of Uncertainty*", GTU) [26, 27]. En GTU, se consideran tres tipos principales de incertidumbre: la incertidumbre posibilista, la probabilística y la bimodal. La incertidumbre bimodal es una combinación de incertidumbre posibilista e incertidumbre probabilística. Una incertidumbre bimodal puede ser nítida o borrosa [1]. En el 2008 presenta el artículo titulado "*Is there a need for fuzzy logic?*" [28], en el que expresa que la lógica borrosa es mucho más que un sistema lógico, y que tiene muchas facetas, de las cuales las principales son: lógica, teórica de conjuntos borrosos, epistémica y relacional. Además indica que la mayoría de las aplicaciones prácticas de la lógica borrosa están asociadas con su faceta relacional.

En 2011, a la edad de 90 años publicó el concepto de los números \mathbb{Z} [29] para agregar un grado de incertidumbre al valor numérico de los números borrosos, que fue patentado en 2013 [30]. En el artículo de Zadeh, publicado en el 2015, "*The information principle*" [31], la información se define de una manera que relaciona la información con el significado. La información sobre X se define como una restricción en X . La información es posible si la restricción es posible. La información es probabilística si la restricción en X es probabilística. La información es bimodal si la restricción sobre X es bimodal. Las proposiciones extraídas de un lenguaje natural son predominantemente portadoras de información posibilista y bimodal.

En el 2016, Zadeh publica el artículo "*Stratification, target set reachability, and incremental enlargement principle*" [32], el cual presenta una breve exposición de una versión del concepto de estratificación, que se denomina CST para abreviar. En su enfoque de la estratificación, CST es un sistema computacional en el que los objetos de cómputo son estratos de datos. Generalmente, los estratos están anidados o apilados con estratos anidados centrados en un conjunto objetivo, T . CST tiene un potencial para aplicaciones significativas en planificación, robótica, control óptimo, búsqueda, optimización multiobjetivo, exploración, búsqueda y otros campos.

El Prof. Lotfi Aliasker Zadeh, profesor emérito, científico informático de renombre mundial y líder de la comunidad universitaria, padre de la teoría de conjuntos borrosos y la lógica borrosa y un científico de renombre mundial falleció en Berkeley el 6 de septiembre de 2017, a los 96 años. Fue sepultado el 29 de septiembre en Bakú, en presencia del Presidente de Azerbaiyán [33].

En relación con la investigación en Venezuela, las ideas e invenciones de Zadeh han sido inspiración para numerosos trabajos de investigación, tesis doctorales y publicaciones en revistas científicas de investigadores venezolanos, tanto dentro del país como en el exterior. Investigadores como el Dr. Francklin Rivas (ver Figura 1), Dra. Ana Aguilera (ver Figura 2) y el Dr. Leonid Tineo, entre otros, compartieron con Zadeh en eventos internacionales fuera de nuestras fronteras. Además, anualmente se realizan en este país diversos seminarios y congresos relacionados con la teoría de conjuntos borrosos y la lógica borrosa.



Figura 1: Lotfi Zadeh con el investigador venezolano Francklin Rivas



Figura 2: Zadeh con la investigadora venezolana Ana Aguilera

Durante sus años de profesor en la Universidad de California en Berkeley, Zadeh fue objeto de visitas de investigadores venezolanos y de diversas nacionalidades en su oficina situada en el Edificio Soda Hall (ver Figura 3).



Figura 3: Entrada a Soda Hall, Edificio donde trabajaba Zadeh en UC Berkeley

6. Trascendencia de Zadeh

En el 2017, el mundo perdió a un gran hombre que introdujo uno de los desarrollos conceptuales más importantes de nuestro tiempo y que, durante muchos años, contribuyó al discurso de la ciencia y la ingeniería con una amabilidad y bondad inigualables. Cualquier recuerdo de Lotfi Zadeh no puede separar al hombre del científico y el ingeniero [34]. Fue una personalidad preocupada por los valores humanos, un hombre de gran humanidad, y con una personalidad transnacional sin límites, como su teoría de la lógica borrosa. Fue miembro del IEEE y recibió la Medalla de Educación IEEE de 1973, la Medalla IEEE Richard W. Hamming de 1992 y una Medalla Centennial de IEEE. Fue miembro de la Academia Nacional de Ingeniería y miembro extranjero de la Academia Rusa de Ciencias Naturales. Entre sus otros galardones se encuentran el Premio Ronda, la Medalla Rudolf Oldenburger de la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos, el Premio Grigore Moisil, la Medalla Kampe de Feriet. Zadeh fue miembro de la Asociación Estadounidense para el Avance de la Ciencia, la Association for Computing Machinery y la Asociación Estadounidense de Inteligencia Artificial. Por sus contribuciones recibió doctorados honoris causa de varias instituciones del mundo, entre ellas la Universidad Paul-Sabatier, Toulouse, Francia (1986), State University of New York (1989), Universidad de Oviedo (1995), Universidad de Granada (1996) y Universidad Politécnica de Madrid (2007).

Aunque no era un matemático por formación, siempre estuvo cerca del mundo de las matemáticas y de los matemáticos. A lo largo de su carrera académica, su trabajo se centró en aplicaciones de las matemáticas a problemas del mundo real [1].

Zadeh inició líneas de investigación fundamentales sobre el análisis de sistemas complejos y los procesos decisionales, la lógica borrosa y sus implicancias en diversos dominios tales como el razonamiento aproximado, la gestión de la incertidumbre, los sistemas expertos, las redes neuronales, la información granular y su centralidad en el razonamiento humano, la computación con palabras. Por sus excepcionales contribuciones, Zadeh es considerado el principal pionero en la fundación de la lógica borrosa.

Referencias

- [1] L. Zadeh. Fuzzy logic - a personal perspective. *Fuzzy Sets and Systems*, 281:4–20, 2015. [OnLine](#).
- [2] L. Zadeh. My life and work - a retrospective view. *Applied and Computational Mathematics*, 10(1):4–9, 2011. [OnLine](#).
- [3] R. Seising. Obituary for a visionary scientist: Lotfi Aliasker Zadeh (1921-2017). *Mathware and Soft Computing*, 2(2):6–15, 2017. [OnLine](#).
- [4] F. Zadeh. My life and travels with the father of fuzzy logic. TSI Press, Albuquerque, 1998. [OnLine](#).
- [5] D. Pospelov; V. Stefanuk; A. Averkin; I. Batyrshin; V. Tarassov; N. Yarushkina; A. Yazenin. Remembering Lotfi Zadeh. In *Open Semantic Technologies for Intelligent Systems, OSTIS Conference*, pages 27–38, 2018. [OnLine](#).
- [6] L. Zadeh; J. Ragazzini. Probability criterion for the design of servomechanisms. *Journal of Applied Physics*, 20:141–144, 1949. [OnLine](#).
- [7] L. Zadeh; L. Ragazzini. An extension of Wiener’s theory of prediction. *Journal of Applied Physics*, 21:645–655, 1950. [OnLine](#).
- [8] J. Ragazzini; L. Zadeh. The analysis of sampled-data systems. *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, 71(II):225–234, 1952. [OnLine](#).
- [9] L. Zadeh and Ch. DeSoer. *Linear system theory: the state space approach*. McGraw - Hill Book Company, New York, 1963.
- [10] L. Zadeh. Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3):338–353, 1965. [OnLine](#).
- [11] S. Kleene. *Mathematical Logic*. John Wiley & Sons, Inc., New York, USA, 1967.
- [12] J. Lukasiewicz. O logice trójwartosciowej. *Ruch filozoficzny*, V:169–171, 1920.
- [13] L. Zadeh. Probability measures of fuzzy events. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 23:421–427, 1968. [OnLine](#).
- [14] L. Zadeh. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 3:28–44, 1973. [OnLine](#).
- [15] L. Zadeh. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning-I. *Information Sciences*, 8(1975):199–251, 1975.
- [16] E. Mamdani; S. Assilian. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International Journal of Man-Machine Studies*, 7:1–13, 1975. [OnLine](#).
- [17] L. Zadeh. Fuzzy logic and approximate reasoning. *Synthese*, 30(3):407–428, 1975. [OnLine](#).
- [18] L. Zadeh. PRUF-in meaning representation language for natural languages. *International Journal of Man-Machine Studies*, 10:395–460, 1978. [OnLine](#).
- [19] L. Zadeh. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy Sets and Systems*, 1:3–28, 1978. [OnLine](#).
- [20] L. Zadeh. The role of fuzzy logic in the management of uncertainty in expert systems. *Fuzzy Sets and Systems*, 11:199–227, 1983. [OnLine](#).
- [21] L. Zadeh. Fuzzy logic, neural networks and soft computing. *Communications of the ACM*, 37(3):77–84, 1994. [OnLine](#).
- [22] L. Zadeh. Soft computing and fuzzy logic. *IEEE Software*, 11(6):48–58, 1994. [OnLine](#).
- [23] L. Zadeh. Fuzzy logic = computing with words. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 4(2):103–111, 1996. [OnLine](#).
- [24] L. Zadeh. Toward a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic. *Fuzzy Sets and Systems*, 90:111–127, 1997. [OnLine](#).
- [25] L. Zadeh. Toward a perception-based theory of probabilistic reasoning with imprecise probabilities. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 105:233–264, 2002. [OnLine](#).
- [26] L. Zadeh. Toward a generalized theory of uncertainty (GTU) - an outline. *Information Sciences*, 172:1–40, 2005. [OnLine](#).
- [27] L. Zadeh. Generalized theory of uncertainty (GTU) - principal concepts and ideas. *Computational Statistics & Data Analysis*, 51:15–46, 2006. [OnLine](#).
- [28] L. Zadeh. Is there a need for fuzzy logic? *Information Sciences*, 178:2751–2779, 2008. [OnLine](#).
- [29] L. Zadeh. A note on Z-numbers. *Information Sciences*, 181(14):2923–2932, 2011. Disponible: [OnLine](#).
- [30] M. Jamshidi; T. Kailath; V. Kreinovich; B. Tadayon; S. Tadayon; J. Tien; R. Aliev; Z. Pedrycz; L. Koczy; R. Rudas; A. Nolan; T. Yamakawa; G. Bekey; M. Akbarzadeh-T. Celebrating the life of Lotfi A. Zadeh. *IEEE Systems, Man, & Cybernetics Magazine*, July:42–55, 2018. [OnLine](#).
- [31] L. Zadeh. The information principle. *Information Sciences*, 294:540–549, 2015. [OnLine](#).
- [32] L. Zadeh. Stratification, target set reachability, and incremental enlargement principle. *Information Sciences*, 354:131–139, 2016. [OnLine](#).
- [33] A. Kumar. A tribute to Prof. Lotfi A. Zadeh. *Journal of Information & Knowledge Management*, 16(4):1–5, 2017. [OnLine](#).
- [34] P. Bonissone. Obituary for Lotfi A. Zadeh. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, February:13–22, 2018. [OnLine](#).

Sobre los autores

Carlos Lameda Montero

Ingeniero Electrónico. Magister en Ingeniería Eléctrica. Magister en Ciencias de la Computación. Doctor en Ciencias de la Ingeniería mención Productividad. Profesor-investigador de la Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre” (UNEXPO), Barquisimeto, Venezuela. Correo: clameda@unexpo.edu.ve - [ORCID](#)

Ennodio Torres Cruz

Profesor de Matemáticas y Física. Máster en Ciencias Matemáticas. Doctor en Ciencias Matemáticas. Profesor Titular Jubilado de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Profesor y Tutor del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Mención Productividad de la Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre” (UNEXPO). Correo: ejtorresc.doctorado@unexpo.edu.ve - [ORCID](#)