

Artículo de Investigación

Lógica difusa como instrumento alternativo de evaluación en la educación superior en México

Fuzzy logic as an alternative evaluation instrument in higher education in Mexico

Ma Hilda Rodales Trujillo¹: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.
hilda.rodales@umich.mx

Cuauhtémoc Guerrero Dávalos: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.
cuauhtemoc.guerrero@umich.mx

Fecha de Recepción: 24/04/2024

Fecha de Aceptación: 05/08/2024

Fecha de Publicación: 15/10/2024

Cómo citar el artículo:

Rodales Trujillo, M. H. y Guerrero Dávalos, C. (2024). Lógica difusa como instrumento alternativo de evaluación en la educación superior en México [Fuzzy logic as an alternative evaluation instrument in higher education in Mexico]. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1-15. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-909>

Resumen:

Introducción: La educación en México debe atender las necesidades cambiantes de la economía, debido a que casi la mitad de los empleadores alertan que en el sistema educativo existe una falta de competencias. Ante el vacío de herramientas de evaluación, este trabajo tiene el objetivo de implementar un modelo de evaluación basado en la teoría de los subconjuntos borrosos. **Metodología:** Fue a partir de las aportaciones de Carbal *et al.* (2020), quienes diseñaron un instrumento de evaluación *ex post* de impactos sociales. **Resultados:** Consistieron en adaptar los algoritmos en el ámbito educativo con los mismos principios del citado autor. **Discusión:** Los hallazgos están alineados con los postulados de autores relevantes, porque muestran un prototipo funcional del sistema de evaluación por valoración borrosa a la dimensión actitudinal de estudiantes universitarios. **Conclusiones:** El modelo propuesto responde a la falta de interés institucional en el diseño de nuevas herramientas metodológicas de evaluación que reflejen de forma más aproximada el nivel actitudinal y aptitudinal de los evaluados, debido a que las evaluaciones contienen información subjetiva. La utilización de la escala permite manejar un criterio más amplio sobre los niveles de

¹ Ma Hilda Rodales Trujillo: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (México).

desempeño, lo que es positivo en el aspecto motivacional del alumnado, al recibir evaluaciones integrales.

Palabras clave: subconjuntos borrosos; lógica difusa; educación; evaluación; innovación; educación superior; formación; algoritmo de evaluación.

Abstract:

Introduction: Education in Mexico must meet the changing needs of the economy, due to the fact that almost half of the employers alert that there is a lack of competencies in the educational system. In view of the lack of evaluation tools, this work has the objective of implementing an evaluation model based on the theory of fuzzy subsets. **Methodology:** It was based on the contributions of Carbal *et al.* (2020), who designed an *ex post* evaluation instrument of social impacts. **Results:** Consisted of adapting the algorithms in the educational field with the same principles of the aforementioned author. **Discussion:** The findings are aligned with the postulates of relevant authors, because they show a functional prototype of the evaluation system by fuzzy assessment of the attitudinal dimension of university students. **Conclusions:** The proposed model responds to the lack of institutional interest in the design of new methodological evaluation tools that more closely reflect the attitudinal and aptitude level, due to the fact that evaluations contain subjective information. The use of the scale makes it possible to handle a broader criterion on performance levels. This situation is positive in the motivational aspect of the students by receiving integral evaluations.

Keywords: blurred subsets; fuzzy logic; education; evaluation; innovation; higher education; formation; evaluation algorithm.

1. Introducción

La educación se considera un derecho humano básico y es un derecho fundamental para el desarrollo sostenible de los países, una herramienta esencial para lograr ciudadanos en sistemas sociales, culturales, económicos, entre otros. La educación superior es un proceso de formación que no es sólo académico, sino también un período de prueba e incluye brindar valores morales y cívicos para contribuir positivamente a la formación de profesionistas.

En América Latina, los sistemas de educación universitaria enfrentan cambios importantes por varias razones, sobre todo por la globalización y el mayor desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación, que conducirán a una mayor diversidad de ofertas de investigación. También debe mejorar el acceso a las universidades para minorías tradicionalmente excluidas, como los pueblos indígenas y las personas con discapacidad. Y así mismo, cumplir con los requisitos de una sociedad del conocimiento, como la educación y la formación permanente con responsabilidad social. Esto ha obligado a las agencias gubernamentales a involucrarse más en el proceso de garantizar la acreditación de calidad de las universidades en colaboración con organismos internacionales y empresas privadas, en lo que se ha denominado la Tercera Reforma de la Educación Superior (UNESCO-IESALC, 2006).

La educación es el mejor instrumento para materializar los derechos fundamentales de los ciudadanos del mundo. Concretamente, existe un derecho al desarrollo, en base al cual, en esencia, el sistema de educación superior requiere centrarse en proporcionar un sustento que enmarque la innovación y actualización constante de competencias para la vida profesional. Debido a ello, las instituciones de educación superior en el mundo han señalado que la consolidación del éxito académico de sus estudiantes radica en la transición a la formación en competencias. Baste de ejemplo el proyecto de *Tuning Academy* que hoy fomentan universidades de más de 120 países (Bonney, 2021).

En la propuesta teórica de este trabajo, comenzaremos por expresar que el Modelo Educativo Basado en Competencias (MEBC) es un marco de referencia contemporáneo en educación que enfatiza la integración de conocimientos, habilidades y valores en la formación de los estudiantes. Se centra en la transferencia de conocimientos hacia el desarrollo de habilidades prácticas y éticas. Principalmente utilizado en educación superior, se espera que los egresados demuestren un buen desempeño en sus áreas laborales, combinando capacidades disciplinares, personales y éticas para contribuir al fortalecimiento social (de la Orden, 2011; Fernández March, 2010; Tobón, 2008).

Así, uno de los temas más discutidos con el MEBC es la evaluación del desempeño de los estudiantes en instituciones de educación superior. A lo largo de los últimos 15 años ha habido diversas posturas y propuestas para alinear la evaluación con el modelo, pero la inversión de tiempo y la dedicación requerida por parte del cuerpo docente y autoridades institucionales representan un desafío en el proceso de cambio. A pesar de ello, los mecanismos de instrucción y evaluación tradicionales continúan siendo utilizados en este contexto (Cano, 2008; Castro, 2011).

Para nosotros, es importante destacar que la base de la evaluación del desempeño de los estudiantes parte del principio de lo que significa el ser humano como un aprendiz activo, es decir, una persona capaz de procesar información para realizar tareas desafiantes según sus intereses y contextos. Esto incluye el proceso de aprendizaje, donde activan elementos como la memoria, la motivación, los procesos de pensamiento y la reflexión. Por lo tanto, la capacidad de procesamiento está relacionada con el esfuerzo, la profundidad del estudio y la apertura de los conocimientos previos. Se reconoce la importancia de las diferencias individuales en la percepción y actuación de un aprendiz en un contexto determinado.

Finalmente, en este trabajo se destaca la importancia de que las instituciones de educación superior necesariamente deben trabajar con el MEBC, y, por tanto, que incorporen sistemas de evaluación que midan el desempeño de manera integral, combinando aspectos teóricos y prácticos, lo que facilitaría la sistematización y ahorro de tiempo en la toma de decisiones y en la evaluación de desempeño (Pozo, 2003; Salazar y Baptista, 2005).

La educación superior está creciendo y, si se mantienen los patrones actuales, el 26 % de los jóvenes obtendrán algún título de educación superior a lo largo de su vida. Medio millón de egresados ingresan cada año en el mercado laboral, y México confía en ellos para progresar en las cadenas de valor mundiales. No obstante, la educación en México debe atender las necesidades cambiantes de la economía, debido a que casi la mitad de los empleadores alertan de que en el sistema educativo existe una falta de competencias; más aún, señalan que la formación no es adecuada para cubrir las necesidades del sector empresarial, pese a que existen políticas públicas para mejorar los resultados del mercado laboral, pero no tienen el alcance de un marco capaz de unificar criterios y mecanismos eficaces de evaluación académica (OCDE, 2019).

Por otro lado, la OCDE (2019) señala que el gobierno de México no tiene preocupación por mejorar la calidad de la educación, debido a que es un asunto de voluntad institucional. Además, no existe una cultura sólida dentro de las instituciones de educación superior, dado que los estudiantes requieren mayores apoyos para tener éxito en sus estudios y desarrollar competencias para enfrentar los retos laborales. Es decir, hay una ausencia de consciencia del papel fundamental de la importancia de la calidad en la educación.

Entre tanto, existen otros factores que han influido en el replanteamiento de los criterios de evaluación académica a todos los niveles de educación en el mundo; México no es la excepción a estos cambios. En 2020, el mundo pudo ver cómo un virus llamado SAR-COV 2 afectó a millones de personas, obligando a confinarse en sus hogares por decretos gubernamentales. Algo sin precedentes. Las universidades en medio de este trágico acontecimiento tuvieron que adaptar sus actividades académicas a las plataformas virtuales, en donde, precisamente, los modelos de evaluación sufrieron cambios, dadas las difíciles circunstancias; particularmente en Madrid ocurrió el 11 de marzo del 2020 y en México el 02 del mismo mes del 2020.

Por otro lado, las estrategias a implementar fueron las clases *online*, lo cual puso en el centro de la discusión en el ámbito educativo las formas de evaluación, que, de acuerdo con García *et al.* (2021), no son sinónimo de medición ni de calificación, porque estos autores señalan que la evaluación implica tomar acciones a partir de los resultados del aprendizaje, seguido del objeto de evaluación, que es en realidad el nivel de aprendizaje adquirido; más aún, es el grado de adquisición y desarrollo de competencias.

Por lo tanto, es necesario buscar herramientas alternativas de evaluación que tengan el alcance para todas las dimensiones que forman parte de las evidencias de competencias en el alumnado, y estas puedan ser identificadas y evaluadas por el profesorado en las instituciones de educación superior.

1.1. Planteamiento de la cuestión

Los sistemas de evaluación en México, de acuerdo a los argumentos expuestos por organismos internacionales como la OCDE, apuntan a la necesidad de alinear la formación profesional que se imparte en las universidades públicas con las que requiere el mercado laboral. A este respecto, hay que considerar que el sistema educativo no está enfocado a desarrollar competencias, sino a mantener la impartición de una formación convencional, la cual ha sido incapaz de unificar criterios eficaces de evaluación; sobre todo, en el nivel de educación superior.

Lo expuesto en epígrafes anteriores hace énfasis en que el sistema educativo de México no le da la debida importancia a la cultura de la calidad y sus procesos. Es decir, todo indica que el gobierno de México no otorga suficientes apoyos para desarrollar las competencias que se requieren en el sector productivo. Esto incluye el que es necesario implementar nuevas formas de evaluar a los estudiantes. En definitiva, no hay voluntad institucional y existe una carencia en el desarrollo de propuestas para implementar nuevas herramientas de evaluación que reflejen el nivel actitudinal y aptitudinal de los estudiantes de educación superior.

1.2. Revisión de la literatura

La revisión de trabajos en el ámbito de la evaluación académica está conformada por diversos autores. Cabrera *et al.* (2020) analizaron la relación de la evaluación docente y procedimientos de mejora continua, tomando como base las perspectivas de los docentes de educación superior. Su principal instrumento de evaluación fue el cuestionario.

Se destacan otras investigaciones, como las de Hou (2022), quien realizó una evaluación docente con métodos mixtos. Esta investigación se basó en hacer una práctica reflexiva con estudiantes, en el cual se estableció una retroalimentación. Polanco *et al.* (2021), por su parte, llevaron a cabo una evaluación docente en una universidad de México mediante el diseño de un cuestionario realizado por expertos.

Posteriormente, Williams y Hebert (2020) realizaron un sistema de evaluación docente desde una revisión de la literatura. Su método consistió en implementar un sistema de evaluación docente enfocado al contexto de la realidad en las aulas del profesorado.

1.2.1. Lógica difusa

La lógica booleana tradicional se ocupa de información exacta y precisa (información vívida). Por el contrario, la lógica difusa utiliza valores de verdad no deterministas con una sensación de incertidumbre. Esto es especialmente útil cuando se requiere experiencia basada en conceptos vagos o imprecisos, como sistemas de control (tráfico, centrales térmicas, lavadoras, etc.), reconocimiento de patrones, diagnóstico de enfermedades, etc. La lógica difusa incluye razonamiento aproximado (operaciones aritméticas, palabras), añadiendo fuerza matemática a la imitación de atributos lingüísticos y perceptivos asociados con la percepción y el razonamiento humanos.

Dentro de las ciencias empíricas existe un grupo que, por actuar sobre una realidad social, se ha denominado Ciencias Sociales. Entre estas se encuentra precisamente la educación, en sus distintas acepciones y ramas de investigación. Los fenómenos que requieren explicaciones científicas en el ámbito educativo normalmente son tratados con metodologías de tipo cuantitativo y cualitativo convencionales, siguiendo el precepto de Galileo Galilei que plantea que hay que medir lo que es mensurable y tratar de convertir en mensurable lo que aún no lo es. Sin embargo, no siempre la explicación que se intenta elaborar por los científicos sociales puede cuantificarse para satisfacer las necesidades de respuestas plausibles y equilibradas.

Es necesario intentar explicar los fenómenos sociales atendiendo a su complejidad, superando la visión restringida de la matemática binaria de Leibniz y Boole, para utilizar instrumentos capaces de medir la incertidumbre que implica que el suceso en cuestión es impreciso, y por lo tanto no puede ser explicado mediante la lógica formal entre que una cosa sea verdadera o falsa, sino que la aproximación gradual sea fundamental para determinar un "grado" o nivel de verdad, tal como funciona el cerebro humano, dando distintos matices a las cosas y no de forma binaria asignando valores dicotómicos o absolutos (Kaufmann y Aluja, 1986).

Sucintamente, la teoría de los subconjuntos borrosos tiene lugar actualmente en la práctica del estudio de la educación, parcialmente logrado, para rehabilitar científicamente el subjetivismo y la imprecisión. En el caso concreto de la educación, los procesos de evaluación, al final, indudablemente tienen una influencia de la subjetividad de los evaluadores, debido a que la percepción de los docentes no se puede estandarizar al momento de percibir los avances académicos de los estudiantes. Por lo tanto, se puede utilizar una metodología difusa para determinar un nivel de pertenencia hacia un desempeño sobresaliente o reducido en el nivel académico de los estudiantes. Sin embargo, es importante clarificar con más precisión los conceptos de lógica difusa, por lo que es necesario distinguir entre evaluación y valuación. Así, para Ávila *et al.* (2013), la evaluación es la asociación de un valor numérico, que puede ser positivo, negativo o neutral, incluso nulo, por lo que en abstracto realiza una persona experta para expresar una ponderación lo más aproximada posible. Una valuación, en cambio, es una expresión que indica un nivel de verdad, es decir, un valor subjetivo que toma distintas graduaciones en un intervalo entre $[0, 1]$.

Es importante señalar que utilizar el intervalo de 0 y 1 no debe confundir a los expertos evaluadores con el concepto de probabilidad, dado que una valuación es una acepción subjetiva expresada por uno o varios expertos. La probabilidad, en cambio, es una expresión matemática objetiva y nítida. Más aún, hay que destacar, de acuerdo con Gil Aluja y Terceño (1994), que no se debe confundir la probabilidad con la posibilidad, debido a que la primera es una acepción del resultado del azar y lo segundo pertenece al ámbito de lo incierto. Con rotundidad, el azar exige una expresión numérica nítida. Lo incierto es subjetivo y por lo tanto sólo puede estimarse en un umbral de presunción. Baste decir que una valuación es una estimación que puede ser tomada por un número entre $[0, 1]$, por ejemplo: 0,4, 0,55, 0,70, 0,80, etc. En una palabra, es un intervalo de confianza.

Es necesario señalar también, en aras de introducir a los evaluadores académicos en el ámbito de la lógica difusa, que los subconjuntos borrosos consisten en formular funciones de pertenencia, que son aplicaciones de un conjunto al que Zadeh (1965) llama conjunto referencial en el intervalo $[0, 1]$, en lugar de utilizar los conjuntos tradicionales del intervalo 0 o 1 de forma dicotómica como se hace tradicionalmente de acuerdo con la lógica Aristotélica. Finalmente, Gil Aluja (1995) afirma que la optimización se basa en las acepciones de ordenación, con la que se construye una función ordinal de un grafo o matriz latina.

Ahora bien, en cuanto a las investigaciones en el ámbito de la lógica difusa, encontramos las aportaciones de Rubalcaba y Vermondem (2015) quienes identifican la utilidad del proceso de selección de personal y su importancia a partir de las publicaciones sobre efectividad en el escenario empresarial.

Por otro lado, Palomino *et al.* (2017) abordan metodológicamente el desarrollo clásico de sistemas en el que incorporan modelos de lógica difusa. Sus resultados muestran un prototipo funcional del sistema de inferencia difusa en relación al estilo de aprendizaje predominante. Finalmente, Arroyo y Antolínez (2015) desarrollaron una aplicación de la lógica difusa en la valoración actitudinal de los estudiantes universitarios; concretamente, circunscrita en el paradigma mixto, en el marco de la teoría basada en grupos de discusión y entrevistas. Sus principales aportaciones consistieron en definir actitudes relevantes en el proceso de evaluación a través de una ponderación mediante una escala difusa.

Siguiendo a Martínez-Rizo (2012), se destaca la importancia de las prácticas docentes como actividades fundamentales para lograr los objetivos de aprendizaje de los estudiantes. Este autor menciona la complejidad de estudiar estas prácticas, incluyendo conductas, ideas subyacentes, factores incidentes y efectos producidos. Estaría incluido también el interés en evaluar el desempeño de los maestros de manera precisa, considerando la inversión significativa en educación. No obstante, este autor cuestiona la eficacia de los criterios tradicionales de evaluación salarial, proponiendo modelos de valor agregado basados en el rendimiento de los alumnos. Por otro lado, menciona que estos modelos pueden ser imprecisos debido a diversos factores, y finalmente plantea la dificultad de encontrar alternativas adecuadas para estudiar este tema complejo.

El citado autor Martínez-Rizo (2012) muestra una revisión de los instrumentos más usados en las evaluaciones que realizan los docentes en el aula, entre los cuales destacamos: a) el uso de los cuestionarios en estudios de las prácticas docentes, donde los interrogados podrán ser los maestros mismos, los directores o supervisores, los alumnos o los padres de familia y cada sujeto podrá informar sobre distintos aspectos; b) el uso de bitácoras y diarios para estudiar el currículo implementado y la oportunidad de aprendizaje, lo que incidirá en el currículo alcanzado o logrado; c) el uso de observación de situaciones pedagógicas (*classroom observation*) como una técnica “en la que un observador registra aspectos relevantes de una

conducta que tiene lugar en el aula a medida que ocurre o muy poco después” (Medley y Mitzel, 1963, p. 253), que no incluiría acciones como que el observador califique al maestro, a los alumnos o a la clase en una o más dimensiones; d) el uso de las rúbricas como herramientas de observación-medición-evaluación, muy utilizado por los maestros para calificar trabajos de tipo ensayo o tareas que implican la realización o ejecución de algunas actividades.

2. Diseño metodológico

El diseño de la investigación consistió en realizar una prueba de evaluación de la materia de *Auditoría administrativa* a un grupo de estudiantes del octavo semestre (febrero-agosto de 2024) de la licenciatura de Administración, de la Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, ubicada en la ciudad de Morelia, en el estado de Michoacán. Dicha evaluación se llevó a cabo sobre la práctica que los estudiantes realizaron en diversas empresas, con la implementación de subconjuntos difusos a partir de la propuesta de Carbal *et al.* (2020). Estos autores, tomando como base la teoría de subconjuntos difusos, diseñaron un instrumento de evaluación *ex post* de impactos sociales, basada en conceptos de matemática borrosa. A partir de los algoritmos diseñados por Carbal *et al.* (2020), nosotros nos dimos a la tarea de aplicar los mismos principios, pero trasladados al ámbito educativo.

2.1. Características del modelo

Carbal *et al.* (2020) construyeron un modelo a partir de variables en el ámbito social, el cual utilizaron para constituir subconjuntos borrosos de un modelo teórico basado en la lógica difusa como: subconjunto borroso, cardinal de subconjunto borroso, subconjuntos borrosos afines y, por último, subconjunto borroso transmutado.

De ese modo, los conceptos propuestos por estos autores representan la estructura fundamental de este instrumento de evaluación del que tomaron las variables en cuestión. En nuestro caso, han sido las categorías de los contenidos de la materia de Auditoría administrativa, a partir de la literatura revisada. Concretamente, nos hemos basado en Amador (2008), Rubio y Hernández (2008), Martínez (2014) y Franklin (2007) y sus pesos, para crear en primera instancia un subconjunto borroso de cardinal uno. Posteriormente se formuló otro subconjunto afín al primero, luego se realizaron las operaciones entre estos, dando como resultado un subconjunto borroso transmutado. Así, se resumen los resultados de esta operación y se estableció una escala para clasificar el nivel de desempeño de los estudiantes.

3. Resultados

3.1. Aplicación de la evaluación difusa

A partir de los criterios de evaluación a los estudiantes para estimar el grado de pertenencia de cada factor a evaluar en el curso de Auditoría administrativa, es decir, su grado de significancia a partir de la asignación de porcentajes de acuerdo con el nivel de relevancia de cada uno de ellos, se podrán obtener valores entre 0 y 1, y al mismo tiempo un subconjunto borroso de cardinal uno. Concretamente, el cardinal se expresa como un subconjunto borroso que es el producto de la suma de todos los grados de pertenencia de las categorías o factores seleccionados para su evaluación, la cual consistió en realizar una práctica de Auditoría administrativa a una empresa ubicada en la ciudad de Morelia y elaborar los informes correspondientes de acuerdo con la literatura sobre la materia. Por ejemplo, ver Tabla 1.

Tabla 1.

Subconjunto borroso de categorías de desempeño

Ponderaciones	Categorías de desempeño
0,02	Calidad de la planificación
0,20	Competencia profesional de la auditoria
0,18	Ejecución del compromiso
0,15	Calidad de la información
0,12	Organización del trabajo
0,08	Calidad de la redacción
0,03	Tiempo de entrega
0,07	Comprensión del trabajo
0,1	Cantidad de información
0,05	Exámenes realizados por reglamento
1	Cardinal

Fuente: Elaboración propia (2024).

Vemos que este subconjunto posee un cardinal 1, el cual es el resultado de la suma de todas las estimaciones de las categorías de desempeño:

$$0,02+0,20+0,18+0,15+0,12+0,08+0,03+0,07+0,1+0,05=1$$

De acuerdo con la información expresada, se puede observar que el mayor peso en la significancia de las categorías de desempeño le corresponde principalmente a la competencia profesional de la auditoria, y la que obtuvo la estimación menor fue la calidad de la planificación. Lo que significa que, para nosotros, es fundamental darle mayor peso al desarrollo de competencias a los estudiantes, dado que se trata de observar más allá de la dimensión aptitudinal.

Es necesario, por lo tanto, abordar un segundo elemento de este modelo. Básicamente, determinar los subconjuntos borrosos afines. Aclaremos que se llaman afines cuando poseen exactamente los mismos elementos con grado de pertenencia distinto de cero. Concretamente, cuando todos los elementos con grado de pertenencia mayor a cero son iguales dos a dos, de acuerdo con Pérez-Capdevila (2014). Por lo tanto, el siguiente procedimiento del caso propuesto fue construir cinco subconjuntos borrosos afines al subconjunto borroso de cardinal 1 que se elaboró por el evaluador.

Posteriormente, se utilizaron las evaluaciones de cinco estudiantes debido a que se consideró suficiente para desarrollar el caso de este trabajo. La información de las evidencias de desempeño se procesó en una hoja de Excel; de acuerdo al criterio del evaluador se asignaron valores en un intervalo [0, 1]. El objetivo fue que cada categoría no rebasara la unidad. A partir de esta técnica, se buscó la asignación de pesos en relación a las estimaciones realizadas por el evaluador, estableciendo de esta forma los subconjuntos borrosos afines. La información está contenida en la Tabla 2.

Tabla 2.

Subconjuntos borrosos afines del nivel de desempeño

Categorías de desempeño	Alumno 1	Alumno 2	Alumno 3	Alumno 4	Alumno 5
Calidad de la planificación	0,8	0,53	0,55	0,61	0,6
Competencia profesional de la auditoria	0,2	0,27	0,18	0,1	0,33
Ejecución del compromiso	0,54	0,5	0,66	0,45	0,38
Calidad de la información	0,3	0,2	0,15	0,18	0,27
Organización del trabajo	0,32	0,44	0,77	0,88	0,24
Calidad de la redacción	0,12	0,14	0,14	0,16	0,16
Tiempo de entrega	0,87	0,9	0,9	0,9	0,72
Compresión del trabajo	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Cantidad de información	0,4	0,32	0,5	0,43	0,37
Exámenes realizados por reglamento	0,99	0,9	0,85	0,87	0,9

Fuente: Elaboración propia (2024).

Una vez que se hicieron las estimaciones en cada categoría, se tienen los subconjuntos afines, los cuales se utilizarán para obtener los subconjuntos borrosos transmutados. La operación a realizar es multiplicar cada uno de los subconjuntos afines por el subconjunto borroso de categorías de desempeño, el cual representa el valor del cardinal 1. Véase el ejemplo de la Tabla 3.

Tabla 3.*Cardinales de las categorías de desempeño*

Cardinal	A1	A2	A3	A4	A5	sub.tran	sub.tran	sub.tran	sub.tran	sub.tran
						smutado	smutado	smutado	smutado	smutado
						1	2	3	4	5
0,02	0,8	0,53	0,55	0,61	0,6	0,016	0,424	0,2915	0,3355	0,366
0,2	0,2	0,27	0,18	0,1	0,33	0,04	0,054	0,036	0,02	0,066
0,18	0,54	0,5	0,66	0,45	0,38	0,0972	0,09	0,1188	0,081	0,0684
0,15	0,3	0,2	0,15	0,18	0,27	0,045	0,03	0,0225	0,027	0,0405
0,12	0,32	0,44	0,77	0,88	0,24	0,0384	0,0528	0,0924	0,1056	0,0288
0,08	0,12	0,14	0,14	0,16	0,16	0,0096	0,0112	0,0112	0,0128	0,0128
0,03	0,87	0,9	0,9	0,9	0,72	0,0261	0,027	0,027	0,027	0,0216
0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,0049	0,0049	0,0049	0,0049	0,0049
0,1	0,4	0,32	0,5	0,43	0,37	0,04	0,128	0,16	0,215	0,1591
0,05	0,99	0,9	0,85	0,87	0,9	0,0495	0,045	0,0425	0,0435	0,045
1						0,3667	0,8669	0,8068	0,8723	0,7681

Fuente: Elaboración propia (2024).

En la última fase del modelo se procede a obtener cada uno de los valores que Carbal *et al.* (2020) llama sintéticos, expresados al final de cada subconjunto borroso transmutado. En este caso son los valores: 0,3667, 0,8669, 0,8068, 0,8723 y 0,7681. Así, se construye una escala para expresar de forma cualitativa el nivel de desempeño de cada estudiante evaluado, como se muestra a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4.*Escala cualitativa del nivel de desempeño académico*

Nivel de desempeño	Escala	Descripción
0,76-1,0	Excelente	El nivel de desempeño es altamente significativo.
0,51-0,75	Satisfactorio	El nivel es considerado muy significativo en cuanto los resultados obtenidos.
0,26-0,50	Satisfactorio con recomendaciones	El nivel de desempeño es aceptable, pero su impacto académico es poco significativo.
0,0-0,25	Necesita mejorar	El nivel de desempeño no es significativo; por lo que no tiene un impacto positivo en las tareas asignadas.

Fuente: Elaboración propia (2024).

Con base en la información expresada, solamente uno de los estudiantes necesita hacer más esfuerzo en aras de alcanzar una evaluación que sea más significativa. Ello podrá ayudarle a tener una vida profesional más productiva.

Por otro lado, se destaca que las categorías mejor evaluadas fueron *la calidad de la planificación y la cantidad de información*. Por lo que, a partir de los resultados de las evaluaciones, es necesario implementar una metodología para analizar las trayectorias académicas de los estudiantes en aras de hacer refuerzos que ayuden a mejorar el desempeño académico de los estudiantes.

4. Discusión

Los resultados obtenidos en este modelo de evaluación apoyan los hallazgos de la aplicación de los modelos de Palomino *et al.* (2017) en cuanto a que muestran un prototipo funcional del sistema de evaluación del aprendizaje de inferencia difusa al hacer visible el predominio de los estilos de aprendizaje. En consecuencia, la metodología utilizada en este trabajo demuestra que puede ser de gran utilidad respecto a las dimensiones analizadas. Cabe destacar que el trabajo de Arroyo y Antolínez (2015) está alineado al modelo de esta investigación, debido a que los autores, precisamente, desarrollaron una valoración borrosa a la dimensión actitudinal de estudiantes universitarios, útil para identificar indicadores en el proceso en evaluación. Específicamente, nuestro trabajo, de forma similar al de los autores comentados, contiene una dimensión de lo que corresponde a la competencia profesional en la materia de Auditoría.

Finalmente, los resultados apuntan a que la utilización de la lógica difusa en las evaluaciones académicas de los estudiantes encuentra grandes ventajas debido a la flexibilidad, practicidad y economía del propuesto.

5. Conclusiones

La educación es el sector más sensible del ámbito público, porque los recursos que se le asignan en la mayoría de los países que tienen economías emergentes son insuficientes. El gobierno de México, particularmente, tiene una deuda con este sector, de acuerdo a la información de la OCDE (2019). Desafortunadamente, la voluntad política del gobierno del país está ausente para crear las condiciones para incrementar el nivel de egresados en el nivel superior, pues hoy sabemos, por las cifras que dan a conocer organismos internacionales, que el promedio de jóvenes que pueden titularse es del 26 %. El gobierno de México, tampoco ha contribuido para replantear criterios de evaluación académica. Todo parece indicar que persiste un desprecio por mejorar la calidad de la educación mexicana.

El modelo propuesto está alineado al planteamiento de Arroyo y Antolínez (2015), dado que existe coincidencia en cuanto al diseño difuso en la evaluación actitudinal de estudiantes universitarios respecto a la evaluación de una competencia técnica y actitudinal relacionada con la actividad de la auditoría administrativa.

Destacamos aquí que el modelo de evaluación académica propuesto da respuesta al problema de la falta de interés institucional en el diseño de nuevas herramientas metodológicas de evaluación que reflejen de forma más aproximada el nivel actitudinal y aptitudinal del evaluado, debido a que las evaluaciones contienen información subjetiva; más aún, es información en muchos de los casos difícil de analizar. Esta situación nos da la oportunidad de utilizar instrumentos que surgen de la teoría de los subconjuntos borrosos, dado que, por su propia concepción, encuentran su ámbito natural en un contexto incierto y con escasa información.

Por su parte, este trabajo muestra las bondades de implementar un sistema de fácil manejo, el cual tiene un método de asignación de pesos que se multiplican por los valores asignados de las evaluaciones al alumnado. La utilización de la escala permite a los evaluadores manejar un criterio más amplio y enriquecedor sobre los niveles de desempeño, situación que es positiva en el aspecto motivacional del alumnado, al poder tener evaluaciones integrales.

En definitiva, este modelo resulta una contribución novedosa de gran utilidad y a tener en cuenta como instrumento para los procesos de evaluación. Y puede combinarse con otros instrumentos que refuercen todo el proceso.

6. Referencias

- Amador, S. A. (2008). *Auditoria Administrativa*. McGraw-Hill.
- Arroyo, B. A. y Antolínez, N. T. (2015). La Lógica Difusa como herramienta de evaluación en el sector universitario. *Alteridad. Revista de Educación*, 10(2), 132-145. <https://doi.org/10.17163/alt.v10n2.2015.01>
- Ávila, F., Galeana, E. y Aguilasoch, D. (2013). Métodos estratégicos de capacitación dentro de la organización con lógica difusa. *Mercados y Negocios*, 14(1), 27-44. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=571863947002>
- Salazar, J. y Baptista, L. (2005). Hacia la consolidación de un enfoque ecléctico en la enseñanza de idiomas extranjeros. *Paradigma*, 26(1), 55-88. <https://acortar.link/40JIU3>
- Bonnefoy, V. N. (2021). Evaluación de competencias en educación superior: conceptos, principios y agentes *Revista Educación*, 45(2), 612-628. <https://doi.org/10.15517/revedu.v45i1.43444>
- Cabrera-Córdova, M. F., García-Herrera, D. G., Erazo-Álvarez, J. C. y Narváez-Zurita, C. I. (2020). Evaluación docente y mejora continua: Perspectivas de los docentes universitarios. *CIENCIAMATRIA*, 6(1), 364-387. <https://doi.org/10.35381/cm.v6i1.338>
- Cano, M. E. (2008). La evaluación por competencias en la educación superior. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 12(3), 1-16. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56712875011>
- Carbal, A., Rosales, C., Guevara, Y. y Ochoa, J. (2020). Metodología para la medición de impactos sociales: una aplicación de la matemática borrosa. *Revista Saber, Ciencia y Libertad*, 15(2), 121-132. <https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2020v15n2.6724>
- Castro, M. (2011). ¿Qué sabemos de la medida de las competencias? Características y problemas psicométricos en la evaluación de competencias. *Bordon, Revista de Pedagogía*, 63(1), 109-123. <https://acortar.link/2A2z0F>
- Fernández March, A. (2010). La evaluación orientada al aprendizaje en un modelo de formación por competencias en la educación universitaria. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 8(1), 11-34. <https://doi.org/10.4995/redu.2010.6216>
- Franklin, F. E. (2007). *Auditoría administrativa. Gestión estratégica del cambio*. Pearson educación.

- García-Peñalvo, F. J., Corell, A., Abella-García, V. y Grande, M. (2020). La evaluación online en la educación superior en tiempos de la COVID-19. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 21. <https://doi.org/10.14201/eks.23086>
- Gil Aluja, J. (1995). Selección multicriterio de inversiones mediante retículos de Galois. En A. Cuervo (Dir.), *Dirección de empresas de los noventa: Homenaje al profesor Marcial Jesús López Moreno* (pp. 139-157). Civitas
- Hou, S. (2022). Una evaluación de métodos mixtos de evaluación de la enseñanza: modelo innovador de aprendizaje-servicio basado en cursos sobre competencias de evaluación de programas. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 22(1), 95-112. <https://doi.org/10.14434/josotl.v22i1.31705>
- Kaufmann, A. y Gil-Aluja, J. (1986). *Introducción de la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de las empresas*. Milladoiro.
- Kaufmann, A., Gil-Aluja, J. y Terceño, A. (1994). *Matemática para la economía y la gestión de empresas*. Foro Científico.
- Martínez-Rizo, F. (2012). Procedimientos para el estudio de las prácticas docentes. Revisión de la literatura. *RELIEVE. Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 18(1), 1-22. <https://turia.uv.es/index.php/RELIEVE/issue/view/216>
- Martínez, F. (2014). *El contador público y la auditoría administrativa*. PAC.
- Medley, D. M. y Mitzel, H. (1963). Measuring classroom behavior by systematic observation. En N. L. Gage (Ed.), *Handbook of Research on Teaching* (pp. 247-328). Rand McNally.
- OECD. (2019). Higher Education in Mexico. Labour market relevance and outcomes. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264309432-en>
- de la Orden, A. (2011). Reflexiones en torno a las competencias como objeto de evaluación en el ámbito educativo. *REDIE, Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 13(2), 1-21. <https://acortar.link/192Woh>
- Palomino, M. Á., Culchac de la Vega, A. y Rangel, J. (2017). SDEA: Sistema Diagnosticador de Estilos de Aprendizaje Orientado a los Ambientes de Formación Web. *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 80-92. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v30i4.3413>
- Pérez-Capdevila, J. (2014). Aportes teóricos a la Matemática Borrosa. *Revista Avanzada Científica*, 17(1), 1-9. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4783036>
- Polanco, R., Buendía, A. y Peñalosa, E. (2021). Evaluación docente en una universidad mexicana. *Revista de La Educación Superior*, 50, 25-46. <https://doi.org/10.36857/resu.2021.200.1888>
- Pozo, J. I. (2003). *Adquisición de conocimiento*. Morata.
- Rubio, R. V. y Hernández, F. J. (2008). *Guía Práctica de Auditoría*. PAC.

- Ruvalcaba Coyaso, F. J. y Vermonden, A. (2015). Lógica difusa para la toma de decisiones y la selección de personal. *Universidad & Empresa*, 17(29), 239-256. <https://dx.doi.org/10.12804/rev.univ.empresa.29.2015.10>
- Tobón, S. (2008). *La formación basada en competencias en la educación superior: el enfoque complejo*. Universidad Autónoma de Guadalajara.
- UNESCO-IESALC. (2006). *Informe sobre la educación superior en América Latina y el Caribe, 2000-2005: la metamorfosis de la educación superior*. IESALC. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000149422.locale=es>
- Williams, K. y Hebert, D. (2020). Teacher evaluation systems: A literature review on issues and impact. *Louisiana Educational Research Association*, 5(1), 42-50. <https://www.leraweb.net/ojs/index.php/RICE/issue/view/9>
- Zadeh, L. (1965). *Fuzzy Sets and their applications to cognitive and decision processes*. Academic Press Inc.

CONTRIBUCIONES DE AUTORES/AS, FINANCIACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Contribuciones de los/as autores/as:

Conceptualización: Rodales Trujillo, Ma Hilda; **Software:** Rodales Trujillo, Ma Hilda
Validación: Guerrero Dávalos, Cuauhtémoc. **Análisis formal:** Guerrero Dávalos, Cuauhtémoc; **Curación de datos:** Guerrero Dávalos, Cuauhtémoc; **Redacción-Preparación del borrador original:** Rodales Trujillo, Ma Hilda; **Redacción-Re- visión y Edición:** Rodales Trujillo, Ma Hilda; **Visualización:** Rodales Trujillo, Ma Hilda; **Supervisión:** Guerrero Dávalos, Cuauhtémoc; **Administración de proyectos:** Guerrero Dávalos, Cuauhtémoc **Todos los/as autores/as han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito:** Guerrero Dávalos, Cuauhtémoc; Rodales Trujillo, Ma Hilda.

Financiación: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Agradecimientos: El presente texto nace en el marco del cuerpo académico número: UMSNH-CA-254 denominado “Gestión e Innovación organizacional” de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y alimenta a las líneas de investigación: Evaluación de la gestión organizacional e Innovación en las organizaciones.

Conflicto de intereses: No existen.

AUTOR/ES:**Ma Hilda Rodales Trujillo:**

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Doctora en Ciencias por la Secretaría de Educación en el Estado de Michoacán; Maestría en Administración; Contadora Pública y Licenciada en informática administrativa de la Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Profesora e Investigadora de tiempo completo; Evaluadora Nacional de Certificación Académica por la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas en Contaduría y Administración. Pertenece al Padrón de Investigadoras e Investigadores de Michoacán, representante del Cuerpo Académico CA-256 “Gestión e Innovación en las Organizaciones” de la Universidad Michoacana. Reconocimiento de Perfil Prodep. Ponente en Congresos Nacionales e Internacionales. Autora de diversos artículos en revistas especializadas y de divulgación y autora de capítulos de libro.

hilda.rodales@umich.mx

Índice H: 2

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-6975-2372>

Google Scholar: <https://scholar.google.es/citations?user=8vAyxUAAAAJ&hl=es&oi=ao>

Cuauhtémoc Guerrero Dávalos:

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Doctor en Organización y Dirección de Empresas por la Universidad Rovira i Virgili con mención honorífica (*Cum Laude*) en España. Mtro. en Fiscal por la Universidad de Guanajuato. Posee dos licenciaturas: en Contabilidad y Administración de Empresas por parte de la Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

cuauhtemoc.guerrero@umich.mx

Índice H: 7

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-5777-8735>

Google Scholar: <https://scholar.google.es/citations?user=fvIsr00AAAAJ&hl=es&oi=ao>