



Imagen tomada de: Canva educativo

# Normas sociales, publicidad y consumo alimentario en escolares: modelado mediante lógica difusa tipo 2

## Social norms, advertising and food consumption in schoolchildren: modeling using fuzzy logic

Bárbara de los Ángeles Pérez-Pedraza<sup>1\*</sup>, Gerardo Daniel Olvera-Romero<sup>2</sup>, Karla Patricia Valdés-García<sup>1</sup>, Rolando Javier Praga-Alejo<sup>3</sup>

### RESUMEN

México ocupa el primer lugar en obesidad infantil en el mundo, por lo que resulta importante identificar variables asociadas al consumo alimentario. El objetivo del presente trabajo fue establecer si la forma en que el consumo de alimentos se modifica en función de las normas sociales alimentarias y la publicidad alimentaria que recibe la población infantil escolar. Se diseñó un estudio multivariado predictivo utilizando sistemas de lógica difusa tipo dos de intervalo (IT2 FLS), y comparando su ajuste con modelos convencionales, como la regresión lineal múltiple (RLM). Se trabajó con las respuestas emitidas por 196 niños en un estudio previo y almacenadas en una base de datos, seleccionando solo las que correspondieron a las variables de interés para el estudio. Las normas sociales a evitar, el número de comidas y la compra de alimentos por la publicidad alimentaria permitieron predecir el consumo alimentario de los niños mediante IT2 FLS. En RLM las horas de comidas tuvo mayor capacidad predictiva que el número de comidas. El IT2 FLS proporcionó un mayor coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.649$ ), que el de la RLM ( $R^2 = 0.370$ ). El consumo alimentario, al ser un fenómeno multicausal y complejo, puede ser mejor predicho al utilizar métodos de análisis que manejen de forma más flexible la incertidumbre, como lo hace la IT2 FLS.

**PALABRAS CLAVE:** consumo alimenticio, inteligencia artificial, lógica difusa, normas sociales, publicidad.

### ABSTRACT

Mexico ranks first in childhood obesity in the world, so it is important to identify variables associated with food consumption. The objective of this work was to establish whether the way in which food consumption is modified depending on social food norms and food advertising received by school children. A predictive multivariate study was designed using interval type two fuzzy logic systems (IT2 FLS), and comparing its fit with conventional models, such as multiple linear regression (RLM). We worked with the responses issued by 196 children in a previous study and stored in a database, selecting only those that corresponded to the variables of interest for the study. The social norms to avoid, the number of meals and the purchase of food through food advertising made it possible to predict children's food consumption through IT2 FLS. In RLM, mealtimes had a greater predictive capacity than the number of meals. The IT2 FLS provided a higher coefficient of determination ( $R^2 = 0.649$ ) than that of the RLM ( $R^2 = 0.370$ ). Food consumption, being a multicausal and complex phenomenon, can be better predicted by using analysis methods that manage uncertainty more flexibly, as the IT2 FLS does.

**KEYWORDS:** food consumption, artificial intelligence, fuzzy logic, social norms, advertising.

\*Correspondencia: [barbara\\_perez@uadec.edu.mx](mailto:barbara_perez@uadec.edu.mx)/Fecha de recepción: 16 de febrero de 2023/Fecha de aceptación: 25 de enero de 2024/ Fecha de publicación: 30 de enero de 2024.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Psicología, Unidad Saltillo, Edificio D, Planta Baja, Unidad Campo Redondo, Saltillo, Coahuila, México, C. P. 25020. <sup>2</sup>Corporación Mexicana de Investigación en Materiales S.A. de C.V., Saltillo, Coahuila, México, C. P. 25290. <sup>3</sup>Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Sistemas, Arteaga, Coahuila, México, C. P. 25280.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, una de las mayores problemáticas que tiene México, desde el punto de vista de la salud, es el desarrollo de enfermedades de origen alimentario, como la diabetes y la obesidad. Un grupo vulnerable a ellas son los niños, dado que el país está posicionado en el primer lugar en obesidad infantil en el mundo (Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado, 2017).

La prevalencia de sobrepeso y obesidad combinada, en niños en edad escolar, es de 38.2 % (Shamah-Levy y col., 2021), por lo que, investigadores y profesionales de la salud han destacado la importancia de identificar cuáles variables están participando en este problema sanitario (Ruiz-Cota y col., 2019). Al respecto, Álvarez (2011) y Pérez y López (2022) refirieron que los fenómenos asociados a la alimentación tienen una base social y cultural que tiene un fuerte peso sobre las conductas alimentarias, específicamente sobre el consumo alimentario, que lleva al exceso ponderal. También, Pérez y López (2022) definieron las normas sociales alimentarias como “estándares percibidos por otras personas sobre lo que es una dieta adecuada, la cantidad y las preferencias alimentarias para los miembros de un grupo social”. Estas fueron categorizadas como normas sociales a reproducir y normas sociales a evitar, indicando los estándares de lo que se debe y no se debe hacer en la alimentación. Además, diferenciaron las normas sociales alimentarias de las normas de salud, por tener su origen en las creencias y tradiciones culturales, más que en hallazgos científicos con sustento empírico.

Si bien, las normas sociales alimentarias tienen su origen en la cultura, son los padres quienes ejercen un gran impacto en la transmisión de estas normas sobre sus hijos, dado que influyen en el entorno donde se desarrollan los niños y proporcionan los parámetros de alimentación y formación corporal, facilitando o inhibiendo la inclusión de productos de bajo valor nutricional y altos en calorías en la dieta, los cuales están relacionados

con el desarrollo de enfermedades metabólicas (Perry y col., 2010; Hogleve y col., 2021).

México es un país globalizado, en el que han ocurrido cambios profundos en los hábitos de alimentación y consumo de comestibles, a raíz de las circunstancias económicas y de políticas sociales que han propiciado el desarrollo de los métodos de producción en la industria de alimentos y de la publicidad de las empresas que buscan posicionar sus productos (Arvizú y col., 2015; Hernández y col., 2015; Torres y Rojas, 2020).

La publicidad en los medios de comunicación, especialmente televisivos, ha influido en el desarrollo de hábitos inadecuados que afectan la salud de los niños y adultos en las familias mexicanas. Se ha demostrado que el uso de personajes famosos, en anuncios publicitarios de comida que son específicamente dirigidos al público infantil, son un factor importante para promover el consumo de alimentos altos en calorías o poco nutritivos, usando recursos persuasivos y emotivos como, por ejemplo, el empleo de caricaturas (Ponce y col., 2017; Gil y Cortés, 2020).

Aun, cuando se sabe de la relación de los factores sociales con el consumo alimentario de los niños, son pocos los estudios que se centran en comprender cómo se da esta relación, sobre todo en lo que refiere a las normas sociales alimentarias y la publicidad alimentaria, dada la complejidad de estas variables y el fenómeno en que participan (Álvarez, 2011). Pérez y Laviada (2023) describieron los hábitos alimentarios y las normas sociales alimentarias de niños en edad escolar de una muestra del noreste de México, con el propósito de entender la relación entre estos factores sociales.

La lógica difusa es un mecanismo de inferencia que modela la incertidumbre mediante procedimientos de inteligencia artificial (Casadeús y Castro, 2018); ha sido definida como “un modo de razonamiento que aplica valores múltiples de verdad o confianza a las categorías restrictivas durante la resolución de problemas”

(Mendel, 2017: 208); permite simular el razonamiento humano a partir de la experiencia de los expertos, con un lenguaje natural y con manejo de imprecisión e incertidumbre (Mendel, 2017). Dentro de los beneficios que conlleva la utilización de la lógica difusa no probabilística es que, permite abordar problemas muy complejos, dado que es una alternativa a la lógica discreta que pretende identificar las categorías máximas de un fenómeno en términos de todo o nada, presencia o ausencia. Mientras que la lógica difusa permite encontrar los grados diversos de pertinencia a una categoría, de manera que se puede ver el continuo de los fenómenos complejos, como lo es la conducta humana y los procesos sociales complejos (Ballester y Colom, 2006).

En cuanto a las aplicaciones de la lógica difusa, en fenómenos psicosociales complejos, se ha encontrado que el estudio y análisis de problemas sociales, como los hábitos alimenticios en niños, suelen manejar mayormente información empírica, por lo que la incertidumbre y variabilidad suelen presentarse frecuentemente (Kennedy, 2010). Existen métodos que pueden trabajar con este tipo de problemas, como el método probabilístico, que asocia un grado de creencia entre 0 y 1 para resumir la incertidumbre; es decir, una probabilidad de 0.7 sobre una oración no indica que sea 70 % verdadera, sino que se tiene un 70 % de confianza de que esa oración sea verdadera (Ballester y Colom, 2006; Mittal y col., 2020). Otros métodos para gestionar la incertidumbre pueden ser los sistemas inteligentes, como las redes neuronales y los sistemas híbridos, que tienen la característica de imitar funciones del cerebro humano y la naturaleza (Mendel, 2017).

La utilización de la lógica difusa no es un método nuevo (Zadeth, 1965). Inicialmente fue aplicada en la comprensión de fenómenos asociados a las ciencias de los datos (Zadeth, 1988; Tayyebi y Soltanali, 2017; Chen y col., 2020; Figueroa-García y col., 2022), para después abrirse campo de una forma amplia en las ciencias sociales, como la economía y las finanzas (Medina, 2006), la administración (Fran-

co-López y col., 2019) y la educación (Ballester y Colom, 2006; Chanchí y col., 2021); así como en ciencias médicas, para la toma de decisiones en el diagnóstico diferencial (John e Innocent, 2005; Ahmadi y col., 2018), para la generación de propuestas de alimentación saludable (Cárdenas, 2021), y recientemente para la predicción de las curvas de contagio del COVID-19 (Jayalakshmi y col., 2021).

En psicología también se ha abierto un campo importante para la aplicación de modelos basados en lógica difusa, dada la factibilidad para la comprensión de los fenómenos complejos de la conciencia y la conducta humana. Estos estudios van desde la comprensión del funcionamiento cerebral para la toma de decisiones (Zéténi, 1988; Duarte, 2000), el razonamiento humano (Erdem y Akyuz, 2021), la implementación de dichos algoritmos para la elaboración de perfiles de personalidad (Barrios, 2018), identificación de intereses y aptitudes vocacionales (Méñez y col., 2004), diagnóstico de trastornos mentales como la distimia, depresión, espectro autista (Nogales, 2015; Valencia, 2016; Mamani, 2020), identificación de la violencia hacia la mujer y la influencia de estos continuos de violencia en las familias (Pozo y col., 2021). En psicología de la salud se ha utilizado para comprender la implicación de los estilos de vida relacionados a la actividad física en el estado emocional (Memmedova, 2018). La lógica difusa ha sido aplicada a una amplia gama de temáticas relacionadas a fenómenos psicológicos y sociales complejos, teniendo una destacada aceptación por su aplicabilidad no probabilística y no discreta, que proporciona modelos más robustos, con muestras más pequeñas (Ballester y Colom, 2006).

El objetivo del presente trabajo consistió en establecer si las normas sociales sobre la alimentación y la influencia de la publicidad de alimentos afectaban el patrón de consumo alimentario en escolares de primaria de 6 a 12 años.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Diseño de investigación

Se realizó un estudio multivariado predictivo

para proponer un modelo de la tendencia de consumo actual de alimentos, por parte de menores escolares, en función de las normas sociales alimentarias y la publicidad alimentaria, utilizando como método de análisis la lógica difusa tipo 2 de intervalo (IT2 FLS, por sus siglas en inglés: Interval type-2 fuzzy logic system). Adicionalmente, se comparó el ajuste de este modelo con el obtenido por un método convencional de regresión lineal (Bisquerra, 1989).

### Participantes

Se trabajó con la base de datos recopilada por Pérez y Laviada (2023), integrada por 196 niñas y niños, seleccionados mediante un muestreo probabilístico aleatorio (IC 95 %) de una población de 397 escolares inscritos en una primaria de Saltillo, Coahuila, México. Los criterios de inclusión fueron que estuvieran matriculados en la escuela, que manifestaran interés en participar y que entregaran los consentimientos firmados por sus padres y los asentimientos de ellos mismos. Se excluyeron a aquellos niños con problemas de salud que pudieran afectar su consumo alimentario, como enfermedades gastrointestinales o que requirieran de llevar alguna dieta específica. El rango de edad de la muestra poblacional osciló entre los 6 y los 12 años; el 38 % fueron hombres y 62 % mujeres.

### Instrumentos

Se aplicó una batería de pruebas consistente en cuatro apartados. El primero fue el de los datos sociodemográficos, en donde se inquirió la edad, sexo y año escolar de la muestra.

### Adquisición de alimentos y hábitos de consumo

El Cuestionario sobre Hábitos de Actividad Física y Alimentación (Moral y col., 2011) mide en 16 ítems la adquisición de alimentos y hábitos de consumo, aspectos relacionados con quién hace las compras, quién prepara la comida, con quién se come en casa, las veces en que se come fuera de casa, así como los horarios de comida, el tiempo de ayuno, la hora en la que almuerza, come y cena, y el total de

comidas que efectúan en el día. En el presente trabajo solo se consideraron y se establecieron puntajes brutos para las veces que se come fuera de casa en la semana (variable  $x_1$ ), el número de comidas que se hace en el día (variable  $x_3$ ); y además, se obtuvo el número de horas entre la comida y la cena (variable  $x_2$ ), al restar la hora de la comida a la hora de la cena referida por el niño.

### Normas sociales alimentarias

Se utilizó el cuestionario NSA (Normas sociales alimentarias), desarrollado por Pérez y López (2022), el cual contiene 11 ítems que se agrupan en dos subescalas; normas sociales alimentarias a reproducir (ítems 1 a 6) y normas sociales alimentarias a evitar (ítems 7 a 11). Se responde en una escala Likert de 5 opciones de nivel de acuerdo (0 = en desacuerdo, 4 = totalmente de acuerdo). Se obtienen puntajes directos de la sumatoria de cada subescala, en el sentido de que a mayor puntaje, mayor presencia de las normas sociales alimentarias a reproducir (variable  $x_4$ ) o a evitar (variable  $x_5$ ). En su validación en población del noreste de México se obtuvo un alpha de Cronbach de 0.762, una confiabilidad Test-Retest de  $R^2 = 0.892$ , y una buena bondad de ajuste (GFI = 0.951, RMSEA = 0.059) para dos factores; normas a reproducir ( $\alpha = 0.774$ ) y normas a evitar ( $\alpha = 0.446$ ).

### Compra de alimentos por publicidad alimentaria

Se aplicó el Cuestionario de percepción publicitaria (Cobio y Álvarez, 2015) que pregunta en 36 reactivos de opción de respuesta dicotómica por los comerciales televisivos de comida que miran las y los niños. En su validación en población en el noreste mexicano obtuvo un coeficiente de confiabilidad de 0.781. Para obtener el puntaje de compra de alimentos por publicidad alimentaria (variable  $x_6$ ), se realizó una sumatoria de los 6 reactivos identificados por Pérez-Pedraza y col. (2023), como indicadores de intención de compra, de manera que, a mayor puntaje, mayor compra de alimentos motivados por la publicidad alimentaria. Este apartado obtuvo un

alpha de Cronbach en la muestra de ese estudio de 0.792.

### Consumo de alimentos semanal

Se utilizó el cuestionario sobre Hábitos de Actividad Física y Alimentación (Moral y col., 2011), que en su versión original mide, en 28 reactivos, la frecuencia semanal de consumo alimentario con una escala de 4 opciones de respuesta (0 = no lo he consumido, 1 = lo he consumido 1 vez a la semana, 3 = lo he consumido 3 veces a la semana, y 7 = lo he consumido diariamente).

En el trabajo que permitió desarrollar la base de datos consultada, se adaptó el apartado de frecuencia de consumo alimentario al total de porciones que se consumen diariamente (variable  $y$ ), presentando a los niños imágenes con el tamaño de las porciones de cada alimento, sin utilizar las 4 opciones de respuestas señaladas en el instrumento original, dejándolo abierto a una respuesta numérica. Esta modificación se piloteó previamente, con una muestra independiente, seleccionada por conveniencia, en donde participaron 100 niñas y niños de 6 a 12 años de edad, obteniendo un coeficiente de consistencia interna de 0.892 para la subescala de frecuencia de consumo alimentario.

En el estudio desarrollado inicialmente (base de datos consultada) el apartado de frecuencia de consumo alimentario arrojó tres puntuaciones: una puntuación bruta por alimento consumido en el día; una puntuación bruta por grupo alimenticio (verduras, frutas, cereales, leguminosas, carnes, lácteos, agua, azúcares y grasas), agrupadas conforme a la Guía de Alimentos para la Población Mexicana de la Secretaría de Salud (2010); y finalmente, una puntuación estandarizada del consumo alimentario (insuficiente, adecuado o excedido) alineada a los parámetros de las Guías Alimentarias y de Actividad Física de la Academia Nacional de Medicina (2015) respecto a las porciones para niñas y niños mexicanos en edad escolar de 6 a 12 años. Para este estudio se consideró exclusivamente la su-

matoria bruta del total de los alimentos consumidos en el día, en donde se realizó una adición del total de porciones de los 24 alimentos enlistados en el apartado de consumo alimentario. De manera que, a mayor puntaje, mayor cantidad de alimentos consumidos en el día, sin tomar en cuenta los parámetros de las Guías Alimentarias y de Actividad Física de la Academia Nacional de Medicina (2015) que indican la suficiencia del consumo.

### Consideraciones éticas

El estudio fue revisado y aprobado por el Núcleo Académico Básico del Doctorado en Psicología de la Salud de la Universidad Autónoma de Coahuila, así como por el Programa de Desarrollo Profesional Docente, quienes verificaron que se apegaba a los aspectos éticos de la investigación en seres humanos y, particularmente, de investigación en menores de edad de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud (Comisión Nacional de Bioética, 2013). De acuerdo con esta ley, el estudio fue clasificado como una investigación sin riesgo, dado que no se realizó intervención alguna, por basarse los resultados en cuestionarios, en el que se obtuvieron consentimientos por parte de los padres y asentimientos por parte de los niños para que se integraran al estudio.

### Procedimiento

Los IT2 FLS se construyeron a partir de las variables latentes de entrada  $x_1-x_6$ , y la variable de salida  $y$ , integradas por su sumatoria, que puede apreciarse en la Tabla 1, junto con su descripción.

El modelo de IT2 FLS utiliza el motor de inferencia Mamdani con reglas “Si-Entonces” para la inferencia y tiene funciones de membresía (FM) ordenadas de la misma manera para cada uno de los parámetros. En el presente estudio se seleccionaron 5 FM, dos triangulares (extremos) y tres trapezoidales (centro). Se empleó el mismo proceso de selección y ajuste de parámetros para las FM de las variables de entrada y salida. Para el proceso

■ **Tabla 1. Variables de entrada y respuesta (salida) (abreviada).**  
 Table 1. Input and response (exit) (abbreviated) variables.

Variables	Ítems	Posible		Obtenido		M	DE
		Min	Max	Mín	Max		
	<b>Adquisición de alimentos</b>	0	7	2	7	3.27	1.35
$x_1$ . Cuántas veces come fuera de casa en la semana	Sumatoria de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entre semana, ¿cuántas veces comes fuera de casa?</li> <li>• El fin de semana, ¿cuántas veces comes fuera de casa?</li> </ul>						
	<b>Adquisición de alimentos</b>	0	24	3	11	5.79	1.18
$x_2$ . Horas entre la comida y la cena	Diferencia de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Regularmente a qué hora cenas?</li> <li>• ¿Regularmente a qué hora comes?</li> </ul>						
	<b>Adquisición de alimentos</b>	0	∞	3	9	5.30	1.42
$x_3$ . Número de comidas que hace en el día	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de comidas principales que haces en el día</li> <li>• Número de colaciones o snacks que haces en el día</li> </ul>						
	<b>Normas sociales alimentarias (reproducir)</b>	0	24	7	24	13.70	3.75
$x_4$ . Normas sociales alimentarias a reproducir	Sumatoria de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe comer sentado</li> <li>• Se debe comer en casa</li> <li>• Se debe comer acompañado</li> <li>• Se debe comer en familia al menos una vez al día</li> <li>• Se debe comer de todos los grupos alimenticios</li> <li>• Se debe consumir toda la comida que está en el plato</li> </ul>						
	<b>Normas sociales alimentarias (evitar)</b>	0	16	4	16	10.51	2.95
$x_5$ . Normas sociales alimentarias a evitar	Sumatoria de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe evitar subir los codos a la mesa</li> <li>• Se debe evitar los alimentos entre comidas</li> <li>• Se debe evitar comer comida rápida</li> <li>• Se debe reducir las comidas fuera de casa</li> </ul>						

continúa...

	Percepción publicitaria	6	12	0	11	5.56	1.35
$x_6$ . Compra de alimentos por publicidad alimentaria	Sumatoria de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuando ves un comercial de alimentos le dices a tus papás o cuidadores que te compren el alimento?</li> <li>• ¿Cuando ves un comercial de alimentos le dices a tus papás o cuidadores que te compren el alimento después de que ves el comercial?</li> <li>• ¿Cuando ves un comercial de alimentos le dices a tus papás o cuidadores que te compren el alimento en el momento en que ves el comercial?</li> <li>• ¿Cuando ves un comercial de alimentos le dices a tus papás o cuidadores que te compren el alimento cuando estás en la tienda?</li> <li>• ¿Tus padres compran todo lo que tú les pides de comida?</li> <li>• ¿Te compran en ocasiones un alimento que viste en la televisión?</li> </ul>						
	Frecuencia semanal de consumo alimentario	0	∞	23	120	45.79	1.35
$y$ . Consumo de alimentos semanal	Sumatoria del total de ítems						

de defusificación se usó el método del centroide, y el método Karnik y Mendel (1998), para la reducción tipo (RT). Se utilizaron las mismas variables para desarrollar los dos modelos empleados en el presente estudio: IT2 FLS y regresión lineal múltiple (RLM), a través del método de mínimos cuadrados generalizados, lo que permitió la comparación de los resultados obtenidos por ellos.

### Sistemas de lógica difusa tipo 2 de intervalo (IT2 FLS)

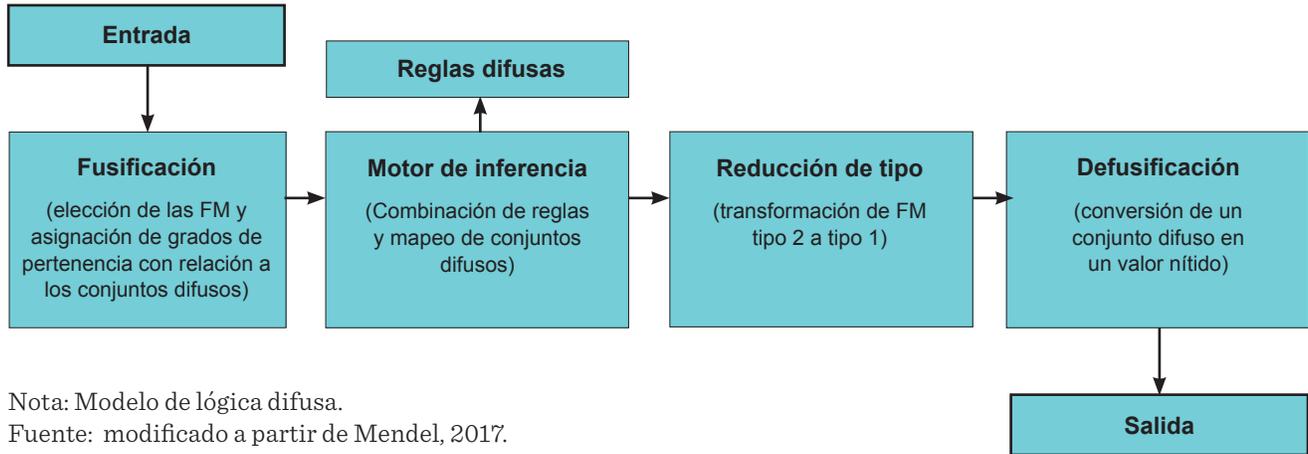
El modelo de IT2 FLS utilizado contó con cuatro fases: fusificación, motor de inferencia basado en reglas difusas, RT y defusificación, como se observa en la Figura 1.

La estructuración del modelo de IT2 FLS comenzó con la elección de las FM que representaron a los conjuntos difusos. Estas fun-

ciones se utilizaron en el proceso de fusificación, y se transformaron en los valores de entrada, en una representación difusa mediante la asignación de grados de pertenencia con relación a los conjuntos difusos. Las FM utilizadas en el actual IT2 FLS fueron las gaussianas.

En el modelo se aplicó un fusificador no singleton de tipo 2, el cual mapea las mediciones  $x_i = x'_i$  en números de IT2 FLS, es decir, son IT2 FLS cuyas FM inferior y superior de su huella de incertidumbre (FOU, por sus siglas en inglés: Footprint of Uncertainty) son números difusos de tipo 1. Los T2 FLS ( $\tilde{A}$ ) y su relación con la FOU se observa en las ecuaciones (1) y (2).

$$1. \tilde{A} = 1/FOU(\tilde{A})$$



Nota: Modelo de lógica difusa.  
Fuente: modificado a partir de Mendel, 2017.

■ **Figura 1. Representación del sistema de lógica difusa tipo 2.**  
Figure 1. Type 2 fuzzy logic representation system.

$$2. \text{FOU}(\tilde{A}) = \bigcup_{x \in X} \{x\} \times I_x = \bigcup_{x \in X} J_x$$

$$3. \tilde{A} = \{((x, u), \mu_{\tilde{A}}(x, u)) | x \in X, u \in U \equiv [0,1]\}$$

Donde:

- $\tilde{A}$ : conjuntos difusos tipo 2 (T2 FS).
- $x$ : elemento individual en el conjunto  $X$  relacionado con la variable de entrada.
- $I_x$ : función de membresía asociada.
- $J_x$ : conjunto difuso asociado con un elemento  $x$  en  $X$ .
- $\mu_{\tilde{A}}$ : función de membresía tipo 2 asociada al conjunto difuso  $\tilde{A}$ .
- $(x, \mu)$ : par ordenado donde  $x$  pertenece al conjunto  $X$  y  $y$  es un valor en el intervalo  $[0, 1]$ .
- $U$ : Operador matemático que denota la unión.

En el siguiente paso se definió el motor de inferencia Mamdani, el cual se encarga de combinar las reglas para mapear los conjuntos difusos antecedentes y consecuentes. Consistió en plantear las reglas difusas, utilizando el conocimiento de los expertos en el objeto de control. Se establecieron con reglas lingüísticas de control para definir la forma en que debía actuar el sistema. Las reglas “Si-Entonces” contenidas en el modelo de IT2 FLS propuesto se modelaron con el método de Zadeh, mostrado en la ecuación (4) (Mamdani y Assilian, 1975).

$$4. \tilde{R}_z^l: \text{Si } x_1 \text{ es } \tilde{F}_1^l \text{ y } \dots \text{ y } x_p \text{ es } \tilde{F}_p^l, \text{ ENTONCES } y \text{ es } \tilde{G}^l \text{ para } \tilde{F}_1^l \in T_{x_1}, \dots \text{ y } \tilde{F}_p^l \in T_{x_p}$$

Donde:

- $(x_1, \dots, x_p)$ : variables de entrada.
- $(\tilde{F}_1^l, \dots, \tilde{F}_p^l)$ : valores de membresía difusa.
- $(T_{x_1}, \dots, T_{x_p})$ : conjuntos difusos asociados.
- $y$ : variable de salida (respuesta).
- $\tilde{G}^l$ : membresía difusa en el conjunto difuso  $L$ .

La definición del alcance de las variables lingüísticas se logró a través del conocimiento experto, siendo un componente esencial en los modelos de inteligencia artificial. Esto permite capturar la incertidumbre y la ambigüedad inherentes al lenguaje natural.

Para construir las reglas “Si-Entonces”, se formuló a partir de la ecuación (4), considerando los siguientes valores:  $x_1 = 5$ ,  $x_2 = 4$ ,  $x_3 = 7$ ,  $x_4 = 19$ ,  $x_5 = 17$ ,  $x_6 = 3$ ,  $y = 43$ . A su vez, cada valor se dividió en 5 categorías de intervalos iguales, definidas en términos lingüísticos como “muy bajo”, “bajo”, “medio”, “alto” y “muy alto”, lo que permite modelar la información y analizarla con IT2 FLS.

Por último, se estableció el método de RT, el cual transforma las FM tipo 2 a tipo 1, y la defusificación, que implica la conversión de un conjunto difuso en un valor nítido (Ross, 2004). Estos procesos se realizaron mediante el método de centro de conjuntos (COS) y el método del centroide, respectivamente (Mendel, 2017). Las ecuaciones (5) y (6) son las más relevantes al momento de trabajar con RT + defusificación, donde  $y_c(x)$  es la salida del sistema (7).

$$5. c_l(\tilde{A}) = \frac{\sum_{i=1}^L x_i \bar{\mu}_{\tilde{A}}(x_i) + \sum_{i=L+1}^L x_i \bar{\mu}_{\tilde{A}}(x_i)}{\sum_{i=1}^L \bar{\mu}_{\tilde{A}}(x_i) + \sum_{i=L+1}^L \bar{\mu}_{\tilde{A}}(x_i)}$$

$$6. c_r(\tilde{A}) = \frac{\sum_{i=1}^R x_i \bar{\mu}_{\tilde{A}}(x_i) + \sum_{i=R+1}^N x_i \bar{\mu}_{\tilde{A}}(x_i)}{\sum_{i=1}^R \bar{\mu}_{\tilde{A}}(x_i) + \sum_{i=R+1}^N \bar{\mu}_{\tilde{A}}(x_i)}$$

$$7. y_c(x') = \frac{1}{2} [c_l(\tilde{A}) + c_r(\tilde{A})]$$

### Coefficiente de determinación R<sup>2</sup>

Se utilizó para determinar la variabilidad de los resultados del modelo, es decir, la calidad del modelo para replicar los resultados y la variación que puede explicarse. En la expresión (8) se muestra la fórmula utilizada para calcular el coeficiente de determinación.

$$8. R^2 = 1 - \frac{SS_{Res}}{SS_{Tot}}$$

Donde:

$SS_{Tot} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$  = Es la suma de cuadrados totales que mide la variabilidad de  $y$ .

$SS_{Res} = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$  = Es la suma de cuadrados del error que indica cuál es el residual del modelo estimado al explicar la variable de respuesta, donde su representación matemática es  $SS_{Res}$  (Montgomery y col., 2006).

## RESULTADOS

Las variables  $x_1$  (cuántas veces come fuera de casa en la semana),  $x_4$  y  $x_5$  (normas sociales alimentarias a reproducir y a evitar) y  $x_6$  compra de alimentos por publicidad alimentaria, presentaron los valores promedio más altos, respecto al valor máximo posible estimado (Tabla 1).

En el análisis de varianza (ANOVA) del modelo basado en IT2 FLS, utilizando los residuales y la varianza total para determinar las fuentes de variación, el modelo se considera representativo, debido a que el valor de  $P < 0.05$  y que el valor  $F$  calculado es mayor que el valor  $F$  de referencia en las tablas estadísticas, a partir del umbral de significancia (Tabla 2).

Los coeficientes de determinación del modelo de IT2 FLS, que se obtienen si se omite cada una de las variables, lo que permite identificar cuál de ellas tiene mayor peso. El modelo se vio más afectado al omitir la variable  $x_5$  (“Normas sociales alimentarias a evitar”) ( $R^2 = 0.432$ ), seguida de la variable  $x_3$  (“número de comidas que hace en el día”) ( $R^2 = 0.516$ ) y  $x_6$  (“Compra de alimentos por la publicidad alimentaria”) ( $R^2 = 0.524$ ), demostrando con esto que fueron las de mayor influencia en el consumo de alimentos semanal (variable  $y$ ), ya que al excluirlas del modelo el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) se redujo significativamente ( $P < 0.01$ ) (Tabla 3).

El modelo de RLM (Tabla 4) permitió predecir el consumo de alimentos de los niños en un 37 %, siendo las horas entre comidas ( $x_2$ ), las normas sociales alimentarias a evitar ( $x_5$ ) y la compra de alimentos por la publicidad alimentaria ( $x_6$ ), las variables de entrada con mayor peso en el modelo ( $P < 0.05$ ). Estos resultados se analizaron también mediante la metodología de exclusión de variables y se llevó a cabo un ANOVA en el modelo de RLM para comparar los resultados entre ambos mo-

■ Tabla 2. ANOVA de IT2 FLS.

Table 2. IT2 FLS ANOVA.

Causa de variación	gl	SS	CM	F calculado	F tablas	R <sup>2</sup> ajustado	P
Modelo	6	14 748.050	2 458.008	23.435	2.220	0.649	0.000
Residual	76	7 971.468	104.888				
Total	82	22 719.518					

Nota: SS = Suma de cuadrados, CM = Cuadrados medios.

■ **Tabla 3. Coeficientes de determinación al omitir variables en el modelo de IT2 FLS.**  
 Table 3. Coefficient of determination when omitting variables in the IT2 FLS model.

Variable omitida	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tablas</sub>	P	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
$x_1$	21.726	2.333	0.000	0.558
$x_2$	22.387	2.333	0.000	0.566
$x_3$	18.505	2.333	0.000	0.516
$x_4$	31.503	2.333	0.000	0.650
$x_5$	13.460	2.333	0.000	0.432
$x_6$	19.063	2.333	0.000	0.524

■ **Tabla 4. Regresión lineal múltiple: consumo total de alimentos de la muestra estudiada .**  
 Table 4. Multiple linear regression: total food consumption of the analyzed sample.

Variabes de entrada	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>	F	P	β	P	Límite inferior	Límite superior
$x_1$	0.370	9.020	0.000	1.396	0.222	- 0.862	3.653
$x_2$				5.234	0.000	2.596	7.873
$x_3$				0.127	0.911	- 2.133	2.387
$x_4$				0.753	0.102	- 0.153	1.660
$x_5$				2.278	0.000	1.158	3.399
$x_6$				1.413	0.023	0.198	2.629

delos (Tabla 5). Se encontró que, de manera similar al modelo de IT2 FLS, la variable que ejerció la mayor influencia en el consumo de alimentos semanal (variable y) fue  $x_5$  (Normas sociales alimentarias a evitar), ya que al excluirla del modelo el coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) bajó significativamente, con un valor de 0.243, indicando un ajuste deficiente.

Al comparar el ajuste de los modelos, se puede ver que el modelo de RLM obtuvo una R<sup>2</sup> de 0.370 (Tabla 4), en tanto que el modelo con IT2 FLS presentó una R<sup>2</sup> de 0.649 (Tabla 2); es decir, predijo el 64.9 % de la influencia que tienen las variables estudiadas (Tabla 1) en el consumo de alimentos semanal.

En la Figura 2, se muestra el ajuste de los modelos de IT2 FLS (línea azul) y RLM (lí-

nea verde) con respecto a los datos obtenidos del instrumento (línea negra). Es posible observar que, el modelo IT2 FLS se ajusta mejor visualmente a los datos del instrumento.

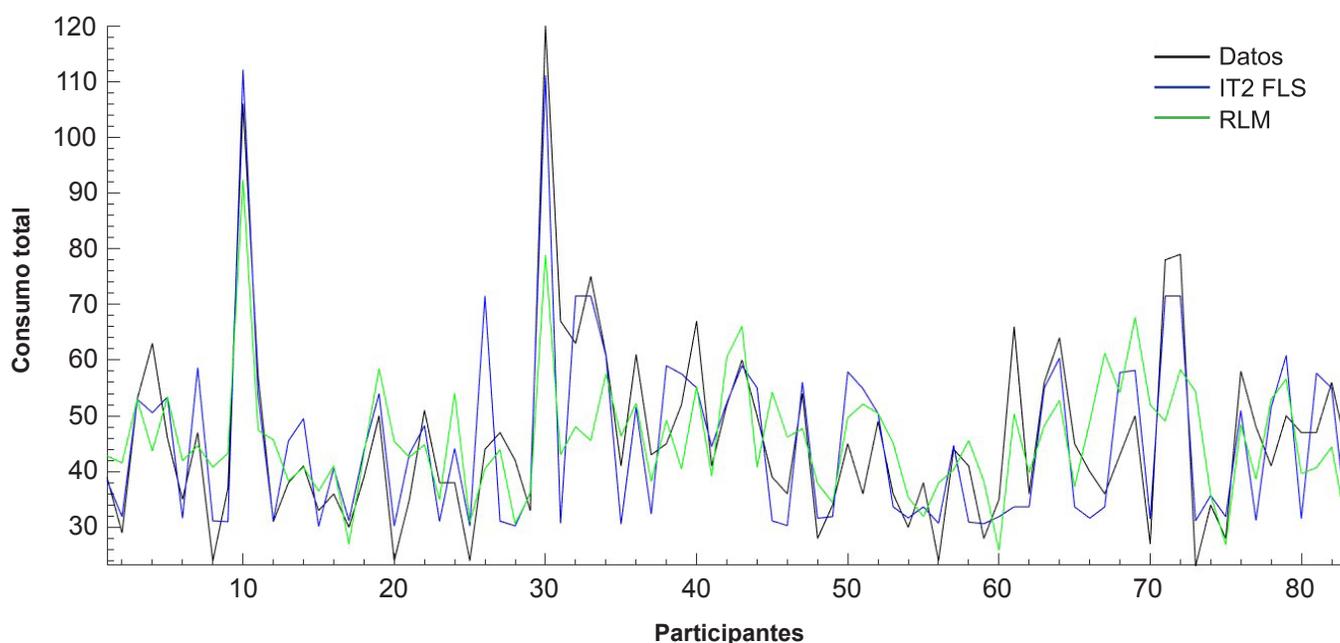
## DISCUSIÓN

Los hábitos de alimentación, como las horas entre comidas ( $x_2$ ) y el número de comidas en el día ( $x_3$ ), tuvieron una fuerte influencia en el consumo de alimentos semanal de acuerdo a la RLM y al modelo IT2 FLS, respectivamente (Tablas 3 y 5). Este comportamiento fue señalado por Álvarez (2011), quien indicó que los hábitos alimentarios son procesos automatizados, en los que generalmente se llevan a cabo las mismas conductas. De manera que, en este caso, entre más tiempo de ayuno y número de comidas en el día, se da un mayor consumo alimentario, como lo reportan Sha-

■ Tabla 5. Coeficientes de determinación al omitir variables en el modelo de Regresión Lineal Múltiple.

Table 5. Coefficient of determination when omitting variables in the Linear Regression Multiple Model.

Variable omitida	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tablas</sub>	P	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
$x_1$	10.451 128	2.333	0.000	0.365 598 3
$x_2$	6.472 919 9	2.333	0.000	0.250 214 4
$x_3$	10.962 526	2.333	0.000	0.377 904 8
$x_4$	10.048 595	2.333	0.000	0.355 563 6
$x_5$	6.289 057 7	2.333	0.000	0.243 858 3
$x_6$	9.229 799	2.333	0.000	0.334 139 9



■ Figura 2. Gráfica de ajuste de la variable de respuesta “consumo total de alimentos de los hijos”.

Figure 2. Fit plot of the response variable “children’s total food consumption”.

mah-Levy y col. (2021), quienes encontraron esta asociación común en los mexicanos.

La influencia de las normas sociales alimentarias a evitar y a reproducir, en el consumo alimentario (Tabla 1), mostraron los valores promedio más altos en este estudio, lo cual, se debe probablemente a que son la base social de los hábitos de alimentación. Estas normas son reglas alimentarias que se dan en

ambientes habituales, familia, amigos, cultura, entre otros, permeando las tomas de decisiones y preferencias alimentarias (Álvarez, 2011; Pérez y López, 2022). Destaca el que las normas sociales alimentarias a evitar fue la variable que mejor explicó el consumo en los niños y niñas (Tablas 3 y 5). Esto se puede asociar a que, en esta etapa, los padres suelen utilizar estrategias restrictivas para la regulación del consumo alimentario, principal-

mente para propiciar el consumo de alimentos saludables (Hogreve y col., 2021). Es decir, que las normas sociales llevan a que los padres tengan mayor control restrictivo de la alimentación de sus hijos, enfatizando lo que no deben hacer cuando comen.

Las normas sociales alimentarias a reproducir, es decir las que indican que sí comer o cómo sí comportarse ante los alimentos, representaron la variable que menos aportó a la capacidad predictiva del modelo estudiado (Tabla 3). Esto podría entenderse en el mismo sentido, es decir que, al menos en esa etapa de la vida, la mayor parte de las normas que reciben son restrictivas, y no es hasta la etapa de la adultez, cuando comienzan a incorporar a sus esquemas las normas a reproducir, así como la capacidad de adquisición, dándoles mayor capacidad de decisión respecto a su conducta y consumo alimentario (Hogreve y col., 2021).

La influencia de las normas alimentarias observadas en este estudio, representa un foco de atención, ya que como mencionaron Perry y col. (2010), en ocasiones las normas alimentarias que asumen los padres o adultos suelen inducir una mayor preferencia por alimentos hipercalóricos o no recomendados para consumo en los niños. Esto se debe a que las normas sociales alimentarias no siempre se fundamentan en las normas de salud, sino que, se basan en el sentido común y en la cultura (Pérez y López, 2022). Una cultura obesogénica, en donde los niños están siendo bombardeados por publicidad alimentaria engañosa, puede motivarlos a la compra de comida no saludable (Gil y Cortes, 2020). Los resultados obtenidos muestran que la publicidad alimentaria predice el consumo de alimentos de los niños, de acuerdo a ambos modelos estudiados (Tablas 3 y 5), con lo que es posible afirmar que, la publicidad alimentaria logra su propósito de influir en la intención de compra de los artículos y consumo de estos (Ponce y col., 2017). Sin embargo, es necesario hacer estudios más profundos para identificar los grupos alimentarios que efectivamente se comen

pran y consumen tras percibir la publicidad alimentaria.

En cuanto a los procedimientos de análisis que se pueden utilizar para comprender este fenómeno multicausal, se pudo observar que, al emplear inteligencia artificial, a través de IT2 FLS, se tuvo un mejor coeficiente de determinación que el modelo estadístico de RLM. Esto comprueba que, cuando existe información y datos con poca linealidad, alta variación e incertidumbre, los modelos convencionales, como la RLM, no suelen dar buenos resultados de predictividad, por lo que se recomienda trabajar con modelos alternos (Chanchí y col., 2021).

Es necesario desarrollar estudios longitudinales, que incluyan otros grupos de edad, para determinar si el modelo predictivo propuesto permanece vigente a lo largo del desarrollo vital, y si las implicaciones de desarrollar una conducta alimentaria, a partir de la variable normas a evitar, la cual mostró influencia en el modelo analizado y en la RLM, favorece el desarrollo de una conducta alimentaria saludable en la adolescencia y vida adulta; o si por el contrario, incide en la generación de hábitos nocivos cuando se es capaz de decidir de manera más autónoma y en dónde se esperaría que las normas de reproducción sean las que regulen el consumo.

Se debe tomar en cuenta que, aunque en este estudio se abordaron algunas de las variables consideradas de relevancia en los hábitos alimenticios, al ser este fenómeno complejo, dinámico y multifactorial, pueden existir otras variables que quizá aportasen valor predictivo, y permitiesen una mayor comprensión de los resultados.

Las repercusiones en la salud de los hábitos alimenticios y los factores que inciden en éstos tienen afectaciones importantes en la población mexicana, principalmente en niños de edad escolarizada (Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado, 2017). La comprensión y análisis de los

elementos como las normas sociales alimentarias y la publicidad alimentaria sobre las conductas alimentarias poco saludables en la población infantil, es fundamental para la implementación de acciones efectivas en la prevención de sobrepeso, obesidad, diabetes, por mencionar algunas (Pérez y col., 2021; Shamah-Levy y col., 2021).

Estudios como este permiten identificar cómo las normas sociales alimentarias y la publicidad alimentaria percibida puede explicar el consumo alimentario, aspectos que son complejos de analizar pues presentan incertidumbre y variabilidad. Por lo que, a partir del uso de la lógica difusa, que simula el procesamiento y razonamiento humano, manejando dicha imprecisión e incertidumbre, se pueden elaborar modelos que proporcionen información más representativa (Mendel, 2017).

Finalmente, se resalta la utilidad de análisis con el uso de modelado con lógica difusa en el estudio de fenómenos sociales complejos y de relevancia para el desarrollo social y de salud. Sin embargo, sigue siendo una limitante de este procesamiento la falta de dimensionalidad de cada variable en el modelo.

## CONCLUSIONES

Las normas sociales alimentarias a evitar, la compra de alimentos por la publicidad alimentaria, los hábitos alimenticios como la frecuencia de consumo (número de comidas) y horas entre comidas, predijeron el consumo alimentario semanal en los escolares de una escuela del noreste de México. La variable que ejerció la mayor influencia en el consumo total de alimentos por parte de los niños fueron las “Normas sociales alimentarias a evitar”, tendencia observada en ambos modelos estudiados. El procesamiento de la información mediante los sistemas de lógica difusa presentó una mejor bondad de ajuste y coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.649$ ) que el método estadístico de regresión lineal múltiple (RLM) ( $R^2 = 0.369$ ). El enfoque basado en inteligencia artificial, específicamente los sistemas de lógica difusa tipo 2 de intervalo, constituyen un método de procesamiento más eficaz que las aproximaciones tradicionales, como la RLM, para explicar lo que sucede en estos fenómenos complejos y multicausales.

## DECLARACIÓN DE INTERESES

Los autores declararon no tener conflicto de interés alguno.

## REFERENCIAS

- Academia Nacional de Medicina (2015). *Guía alimentaria y de actividad física en Contexto de Sobrepeso y Obesidad en la población mexicana*. [En línea]. Disponible en: <https://www.insp.mx/epppo/blog/3878-guias-alimentarias.html>. Fecha de consulta: 20 de abril de 2017.
- Ahmadi, H., Gholamzadeh, M., Shahmoradi, L., Nilashi, M., and Rashvand, P. (2018). Diseases diagnosis using fuzzy logic methods: A systematic and meta-analysis review. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 161: 145-172.
- Álvarez, J. (2011). Los adolescentes y su imagen corporal: esquemas cognitivos, canon social, hábitos y emociones. En J. Moral, J. L. Ybarra, J. Álvarez, J. Zapata y J. González. (Eds.), *Adolescentes escolarizados: sus hábitos de actividad física y alimentación. Un estudio comparativo en el noreste de México* (pp. 281-303). México: Fontamara.
- Arvizú, O., Polo, E. y Shamah, T. (2015). *Qué y cómo comemos los Mexicanos: consumo de alimentos en la población urbana*. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública. 12-14 Pp.
- Ballester, L. y Colom, A. J. (2006). Lógica difusa: una nueva epistemología para las Ciencias de la Educación. *Revista de Educación*. 340: 995-1008.
- Barrios, A. B. (2018). Sistema experto para detectar tipos de personalidades de acuerdo a la edad biológica basado en lógica difusa, en *Repositorio Institucional- Universidad Mayor de San Andrés*. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/17509>. Fecha de consulta: 18 de enero de 2024.
- Bisquerra, R. (1989). *Introducción conceptual al análisis multivariable* España: Promociones y Publicaciones Universitarias. 321 Pp.
- Cárdenas, F. G. (2021). Modelo de recomenda-

ción de dietas saludables mediante algoritmos de optimización, lógica difusa y lógica de primer orden [Tesis doctoral, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional-Universidad del Altiplano. [En línea]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3442719>. Fecha de consulta: 18 de enero de 2024.

Casadeús, R. y Castro, I. (2018). De la lógica difusa a la inteligencia artificial. Hacia un futuro transhumano. *Ars Brevis: aunario de la cátedra Ramon Llull Blanquerna*. (24): 47-82.

Chanchí, G. E., Sierra, L. M. y Campo, W. Y. (2021). Aplicación de la lógica difusa en la implementación de rúbricas de evaluación en el contexto universitario. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informacao*. E42: 174-187.

Chen, C., Wu, D., Garibaldi, J., John, R., Twycross, J., and Mendel, J. (2020). A Comprehensive Study of the Efficiency of Type-Reduction Algorithms. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*. 29(6): 1556-1566.

Cobio, A. y Álvarez, J. (2015). Sobrepeso y obesidad; hábitos alimentarios y físicos; autoimagen y percepción de los anuncios alimentarios. [tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León, México]. [En línea]. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/9657/>. Fecha de consulta: 18 de enero de 2024.

Comisión Nacional de Bioética (2013). *Norma oficial mexicana NOM-12-SSA3-2012, Que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos*. [En línea]. Disponible en: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5284148&fecha=04/01/2013#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5284148&fecha=04/01/2013#gsc.tab=0). Fecha de consulta: 18 de enero de 2024.

Duarte, O. G. (2000). Aplicaciones de la lógica difusa. *Revista ingeniería e investigación*. 45: 5-12.

Erdem, P. and Akyuz, E. (2021). An interval type-2 fuzzy SLIM approach to predict human error in maritime transportation. *Ocean engineering*. 232: 109161.

Figuroa-García, J., Román-Flores, H., and Chalco-Cano, Y. (2022). Type-reduction of Interval Type-2 fuzzy numbers via the Chebyshev inequality. *Fuzzy Sets and Systems*. 435: 164-180.

Franco-López, J. A., Uribe, A. y Monsalve, J. C. (2019). El capital humano y estructural a través de la lógica difusa 2. *Revista Lasallista de Investigación*. 16(2): 160-170.

Gil, C. y Cortes, A. (2020). Publicidad alimentaria en horario infantil: análisis de los anuncios emiti-

dos en tres canales televisivos. *Revista Electrónica de Investigación y Docencia Creativa*. 9(1):1-10.

Hernández, V., Ramos, P. y Núñez, R. (2015). Las prácticas y la publicidad en el consumo de refrescos en mexicanos. *Revista Salud Pública y Nutrición*. 14(1): 33-35.

Hogreve, J., Matta, S., Hettich, A., and Walker, R. (2021). How do social norms influence parents' food choices for their children? The role of social comparison and implicit self-theories. *Journal of Retailing*. 97(2):173-190.

Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (2017). Sobrepeso y obesidad infantil. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/issste/articulos/obesidad-infantil>. Fecha de consulta: 20 de abril de 2017.

Jayalakshmi, M., Garg, L., Maharajan, K., Jayakumar, K., Srinivasan, K., Bashir, A. K., and Ramesh, K. (2021). Fuzzy Logic-Based Health Monitoring System for COVID-19 Patients. *Computers, Materials and Continua*. 67(2): 2431-2447.

John, R. I. and Innocent, P. R. (2005). Modeling uncertainty in clinical diagnosis using fuzzy logic. *IEEE Transactions on Systems, man and Cybernetics*. 35(6): 1340-1350.

Karnik, N. and Mendel, J. (1998). Introduction to Type-2 Fuzzy Logic Systems. *IEEE International Conference on Fuzzy Systems Proceedings. IEEE World Congress on Computational Intelligence*. 2: 915-920.

Kennedy, M. C. (2010). Bayesian modelling of long-term dietary intakes from multiple sources. *Food and chemical Toxicology*. 48(1): 250-263.

Mamani, E. Z. (2020). *Sistema experto con base en lógica difusa para el diagnóstico de distimia* [Tesis de grado]. Universidad pública de el Alto. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.upea.bo/bitstream/123456789/209/1/TESIS-Elizabeth%20Zulma%20Mamani%20Choque%20-%20Sistema%20Experto%20con%20base%20en%20L%C3%B3gica%20Difusa%20para%20el%20Diagn%C3%B3stico%20de.pdf>. Fecha de consulta: 18 de enero de 2024.

Mamdani, E. and Assilian, S. (1975). An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International Journal of Man-Machine Studies*. 51: 1-13.

Medina, S. (2006). Estado de la cuestión acerca del uso de la lógica difusa en problemas financieros. *Cuadernos de Administración en Bogotá*. 19(32): 195-223.

- Memmedova, K. (2018). Quantitative analysis of the effect of pilates exercises on psychological variables and academic achievement using fuzzy logic. *Quality & Quantity*. 52: 195-204.
- Mendel, J. (2017). *Uncertain Rule-Based Fuzzy Systems: Introduction and New Directions* (Second edition). Los Angeles, CA, USA: Springer. 250 Pp.
- Ménez, M., Campos, A. C. y Bustillos, C. G. (2004). *Aplicación de lógica difusa en orientación vocacional*. [Tesis de grado]. Repositorio Institucional Instituto Tecnológico. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15306>. Fecha de consulta: 18 de enero de 2024.
- Mittal, K., Jain, A., Vaisla, K. S., Castillo, O., and Kacprzyk, J. (2020). A comprehensive review on type 2 fuzzy logic applications: Past, present and future. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 95: 1-14.
- Montgomery, P. y Vining. (2006). *Introducción al análisis de regresión lineal* (Tercera edición). Mexico D.F.: Compañía editorial continental. 342 Pp.
- Moral, J., Ybarra, J. L., Álvarez, J., Zapata, J. y González, J. (2011). Adolescentes escolarizados: *Sus hábitos de actividad física y alimentación. Un estudio comparativo en el noreste de México*. México. Fontamara. 181 Pp.
- Nogales, D. (2015). *Sistema experto para el diagnóstico de la depresión en un geronte basado en lógica difusa*. [Tesis de grado]. Universidad Mayor de San Andrés. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/8039>. Fecha de consulta: 18 de enero de 2024.
- Pérez, B. A. y López, D. I. (2022). Propiedades psicométricas del Cuestionario de Normas Sociales Alimentarias en el Noreste de México. *Journal of Behavior, Health & Social Issues*. 14(1): 8-16.
- Pérez, B. y Laviada, J. (2023). Hábitos alimentarios y normas sociales alimentarias en escolares. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. (88).
- Pérez-Pedraza, B., Álvarez-Bermúdez, J. y Carréon-Marruffo, M. (2023). Consumo de alimentos y la publicidad alimentaria: contrastes en niños escolarizados. *Cultura Educación y Sociedad*. 14(1): 111-124.
- Perry, C. L., Story, M., and Lytle, L. A. (2010). Promoting healthy dietary behaviors. In R. P. Weissberg, T. P. Gullotta, R. L. Hampton, B. A. Ryan, and G. R. Adams (Eds.), *Issues in children's and families lives, Healthy children 2010 Enhancing children's wellness* (pp. 214-249). London: Sage Publications.
- Ponce, J., Pabón, M. y Lomas, M. (2017). Análisis de contenido de la publicidad de productos alimenticios dirigidos a la población infantil. *Gaceta Sanitaria*. 21(3): 180-186.
- Pozo, P. E., Cozzarelli, A. L., Unkuch, N. M. y Cruz, Y. A. (2021). Violencia contra la mujer y su influencia en las familias dentro de la ciudadela Muñoz. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*. 58(9): 1-23.
- Ross, T. J. (2004). *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. United Kingdom: John Wiley & Sons. 312 Pp.
- Ruiz-Cota, P., Bacardí-Gascón, M. y Jiménez-Cruz, A. (2019). Historia, tendencias y causas de la obesidad en México. *Journal of Negative & no Positive Results*. 4(7): 671-745.
- Secretaría de Salud (2010). *Guía de Alimentos para la Población Mexicana*. Pressprinting S.A. de C.V. [En línea]. Disponible en: <https://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/salud/guia-alimentos.pdf>. Fecha de consulta: 18 de enero de 2024.
- Shamah-Levy, T., Romero-Martínez, M., Barrientos-Gutiérrez, T., Cuevas-Nasu, L., Bautista-Arredondo, S., Colchero, M. A., ... y Rivera-Dommarco, J. (2021). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2020 sobre Covid-19, en *Resultados nacionales*. [En línea]. Disponible en: <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanutcontinua2020/doctos/informes/ensanutCovid19ResultadosNacionales.pdf>. Fecha de consulta: 22 de febrero de 2022.
- Tayyebi, S. and Soltanali, S. (2017). A new approach of GA-based type reduction of interval type-2 fuzzy model for nonlinear MIMO system: Application in methane oxidation process. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 167: 12-19.
- Torres, F. y Rojas, A. (2020). Seguridad alimentaria y sus desequilibrios regionales en México. *Problemas del desarrollo*. 201(51): 57-83.
- Valencia, S. (2016). Sistema experto para el diagnóstico y tratamiento de trastornos del espectro autista en niños y adolescentes basado en lógica difusa caso: CEREFÉ. [Tesis de grado]. Universidad Mayor de San Andrés. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/10095>. Fecha de consulta: 18 de enero de 2024.
- Zadeth, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information/Control*. 8: 338-353.

Zadeth, L. A. (1988). Fuzzy logic. *Computer*. 21(4): 83-93.

Zéténi, T. (1988). *Fuzzy sets in psychology*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers.