



# Método neutrosófico para la recomendación en la identificación de Distrofia Muscular de Duchenne

## Neutrosophic method for the recommendation in the identification of Duchenne Muscular Dystrophy

Daniela Abigaíl Cobo Álvarez<sup>1</sup>, Clara Daniela Carrasco Estupiñán<sup>2</sup>, and Paula Alejandra Atencia Santamaría<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. E-mail: [ua.danielacobo@uniandes.edu.ec](mailto:ua.danielacobo@uniandes.edu.ec)

<sup>2</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. E-mail: [ma.claradce01@uniandes.edu.ec](mailto:ma.claradce01@uniandes.edu.ec)

<sup>3</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. E-mail: [ma.paulaas47@uniandes.edu.ec](mailto:ma.paulaas47@uniandes.edu.ec)

**Resumen.** La Distrofia Muscular de Duchenne (DMD) es una enfermedad genética ligada al cromosoma X, se caracteriza clínicamente por causar una debilidad muscular progresiva. Dicha patología tiene una incidencia de 1 por cada 3500-6000 varones nacidos, causada por la mutación del gen DMD, que codifica la distrofina. Esta proteína es subsarcolémica, caracterizada por ser esencial para la estabilidad muscular estructural. En la actualidad no existe un tratamiento terapéutico eficaz, el único fármaco que ha demostrado modificar la historia natural de la enfermedad han sido los corticoides. La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un método neutrosófico para la recomendación en la identificación de Distrofia Muscular de Duchenne. Se realizó un estudio analítico transversal de origen descriptivo con características retrospectivas y fines prospectivos. También, se usó un muestreo aleatorio en la historia clínica y su enfermedad de DMD en el Hospital Docente Ambato durante el periodo 2022. Esta información es registrada en un formulario diseñado para nutrir la información de entrada del método neutrosófico de recomendación. A pesar de que en la actualidad no se dispone de un tratamiento curativo, existen estrategias que permiten retrasar la evolución natural de la enfermedad y la aparición de las complicaciones.

**Palabras Claves:** Duchenne, Becker, distrofias musculares, distrofina, diagnóstico, método, números neutrosófico.

**Summary.** Duchenne Muscular Dystrophy (DMD) is an X-linked genetic disease, clinically characterized by causing progressive muscle weakness. This pathology has an incidence of 1 per 3,500-6,000 male births, caused by the mutation of the DMD gene, which encodes dystrophin. This protein is subsarcolemic, characterized by being essential for structural muscle stability. Currently there is no effective therapeutic treatment, the only drug that has been shown to modify the natural history of the disease has been corticosteroids. The objective of this research is to develop a neutrosophic method for the recommendation in the identification of Duchenne Muscular Dystrophy. A cross-sectional analytical study of descriptive origin with retrospective characteristics and prospective purposes will be carried out. Also, random sampling will be used in the clinical history and DMD disease at the Ambato Teaching Hospital during the period 2022. This information is recorded in a form designed to feed the input information of the neutrosophic method of recommendation. Although there is currently no curative treatment available, there are strategies that allow the natural evolution of the disease and the appearance of complications to be delayed.

**key words:** Duchenne, Becker, muscular dystrophies, dystrophin, diagnosis, method, neutrosophic numbers.

### 1 Introducción

La distrofia muscular de Duchenne es un trastorno hereditario en el cual se denota la debilidad muscular que avanza con el tiempo [1]. Este trastorno se manifiesta principalmente en los varones debido al gen de la DMD que se encuentra en el cromosoma X, es la distrofia muscular que más afecta al humano. Algunos de los síntomas más frecuentes son la dificultad para levantarse o correr, trastornos de aprendizaje, caídas frecuentes, gran tamaño de las pantorrillas [2]. Lastimosamente esta enfermedad no tiene cura, pero se puede mejorar la vida de estos pacientes con fisioterapia y medicamentos para controlar síntomas y signos. La mayoría de las alteraciones,

comienzan antes de los cuatro años [3].

El debilitamiento muscular se debe a la deficiencia de la proteína distrofina que es realmente importante para la función correcta de fibras musculares. La expectativa sobre el tratamiento hace algunos años fue casi nula, es por eso que aún no existe por ahora una cura definitiva [4].

El pronóstico de vida de los pacientes con esta distrofia no es muy larga. Esta esperanza de vida no suele pasar de los treinta años. Este trastorno no suele afectar muy seguido a mujeres, pero en ocasiones como la inactivación X, lo cual hace que la mujer tenga un estado de X0, y no XX, por lo que algunas mujeres pueden llegar a ser parcialmente afectadas [5]. Eso sin contar los casos de endogamia donde la reproducción entre individuos de ascendencia común puede causar aún más problemas de salud a futuras generaciones.

La distrofia muscular de Duchenne es la distrofia más común, es una enfermedad recesiva letal, ligada al cromosoma X. Un niño hereda el cromosoma X de su madre y el cromosoma Y de su padre, y el cromosoma X es el único que puede contener el gen de la DMD. Caracterizada por la debilidad muscular progresiva que con el tiempo desarrolla complicaciones cardíacas, músculo esqueléticas, respiratorias que ocasionan dependencia, discapacidad y finalmente la muerte prematura en la mayoría de los casos [6].

Se sabe que sus signos y síntomas comienzan a edad corta, las madres suelen darse cuenta rápidamente ya que sus hijos como es el caso presentan retraso en conseguir objetivos como gatear o caminar de forma independiente, además en el rendimiento académico, esta etapa suele ser tormentosa. Si bien es cierto que la DMD es una enfermedad muscular, puede involucrar problemas cognitivos [7].

Los exámenes complementarios ayudan a tratar al paciente de forma concreta, y eficaz, sin embargo, la DMD no tiene cura por lo que se recetan medicamentos para el dolor que causa, se recomienda asistir a citas con el fisioterapeuta para lograr así mejoría o retrasar el avance de la enfermedad [8].

La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un método neutrosófico para la recomendación en la identificación de Distrofia Muscular de Duchenne. Se realiza un estudio analítico transversal de origen descriptivo con características retrospectivas y fines prospectivos.

## 2.1 Preliminares

La presente sección describe el funcionamiento del método neutrosófico para la recomendación en la identificación de Distrofia Muscular de Duchenne. El método modela las relaciones causales entre los diferentes conceptos mediante mapa cognitivo neutrosófico.

El método sustenta los siguientes principios: Integración del conocimiento causal mediante Mapa Cognitivo Neutrosófico (MCN) para la recomendación en la identificación de perfiles de pacientes con DMD. Identificación mediante el equipo de expertos de las relaciones causales.

El diseño del método está estructurado para la recomendación en la identificación de perfiles de pacientes con DMD. Posee tres etapas básicas: entrada, procesamiento y salida.

El método propuesto está estructurado para soportar la gestión del proceso de inferencia para recomendación en la identificación de perfiles de comportamiento económico. Emplea un enfoque multicriterio como base para la inferencia, se auxilia de expertos para nutrir la base de conocimiento [9], [10], [11].

El conjunto de indicadores evaluativos representan una de las entradas del sistema que necesario para la actividad de inferencia. La actividad de inferencia representa el núcleo fundamental para el razonamiento del método [12], [13], [14].

## 3 Diseño del método para la recomendación en la identificación de perfiles de pacientes con DMD

La presente sección realiza una descripción del método propuesto. Se detallan las diferentes actividades que garantizan la inferencia de la etapa procesamiento. Las actividades están computadas por: identificar los criterios evaluativos, determinar las relaciones causales, obtener el MCN resultante de las relaciones causales, inferencia del proceso [15, 16]. La Figura 2 muestra el flujo de la etapa de procesamiento.

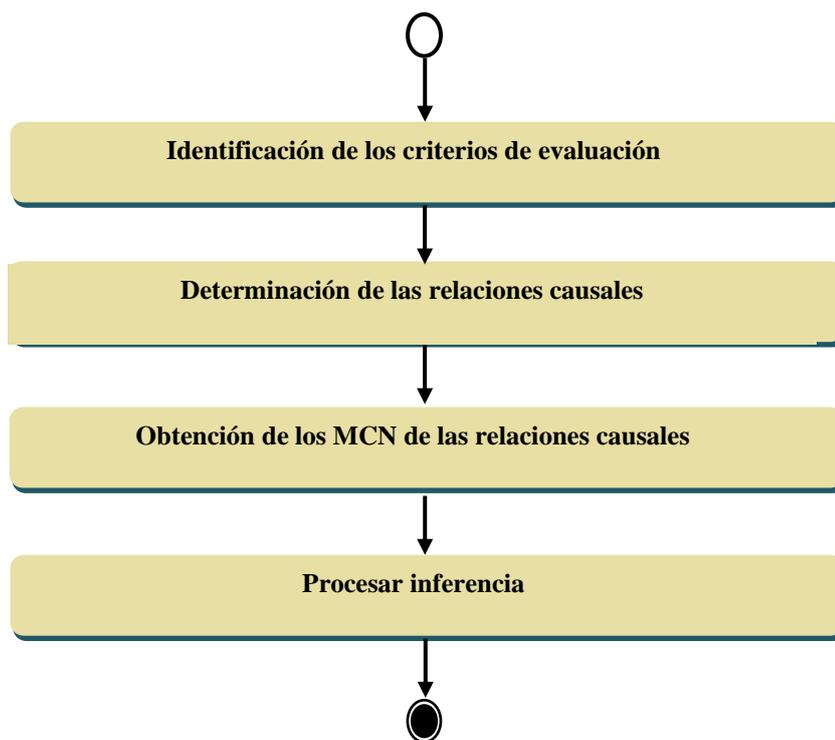


Figura 2. Flujo de trabajo de la etapa de procesamiento.

Actividad 1: Identificación de los criterios evaluativos.

La actividad inicia con la identificación de los expertos que intervienen en el proceso. A partir del trabajo del grupo de experto se determinan los criterios que se tendrán en cuenta para la inferencia del proceso.

La actividad utiliza un sistema de trabajo en grupo mediante un enfoque multicriterio. Formalmente se puede definir el problema de recomendación de la identificación de Distrofia Muscular de Duchenne a partir de la ponderación de sus manifestaciones:

El número de indicadores evaluativos del proceso donde:

$$I = \{i_1, \dots, i_n\} \tag{1}$$

El número de expertos que interviene en la valoración multicriterio donde:

$$E = \{m_1, \dots, m_n\} \tag{2}$$

El resultado de la actividad es la obtención de los diferentes indicadores evaluativos sobre los perfiles de pacientes con DMD.

Actividad 2: determinaciones de las relaciones causales de los criterios.

Una vez obtenidos los criterios evaluativos. Se determina las relaciones causales. Las relaciones causales constituyen la expresión de causalidad entre los diferentes criterios evaluativos.

La determinación de las relaciones causales consiste en establecer a partir del trabajo en grupo la implicación entre conceptos. La información resultante representa el conocimiento primario para nutrir el proceso de inferencia.

Las relaciones causales son representadas por variables difusas expresadas como términos lingüísticos. En los modelos lingüísticos se suelen usar conjuntos de etiquetas lingüísticas con granularidad no superior a 13 [17], [18]. Es común utilizar conjuntos de granularidad impar, donde existe una etiqueta central y el resto de las etiquetas se distribuyen simétricamente a su alrededor [19, 20].

Actividad 3: obtención del MCN.

Durante la etapa de ingeniería del conocimiento cada experto expresa la relación que existe entre cada par de conceptos  $C_i$  y  $C_j$  del mapa. Entonces, para cada relación causal se obtienen  $K$  reglas con la siguiente estructura: Si  $C_i$  es A entonces  $C_j$  es B y el peso  $W_{ij}$  es C.

Cada nodo constituye un concepto causal, esta característica hace que la representación sea flexible para visualizar el conocimiento humano [21]. La matriz de adyacencia se obtiene a partir los valores asignados a los arcos [22], [23].

Los valores que se obtienen por el grupo de experto que intervienen en el proceso son agregados conformándose el conocimiento general con las relaciones entre los criterios. La actividad obtiene como resultado el FCM resultante [24], [25].

A partir de la obtención de las relaciones causales, se realiza el análisis estático [26, 27]. Se toma de referencia el conocimiento almacenado en la matriz de adyacencia [28-30-44-45]. Para el desarrollo del presente método se trabaja con el grado de salida tal como muestra la ecuación (3) [31],[32], [33].

$$id_i = \sum_{j=1}^n \|I_{ji}\| \quad (3)$$

Actividad 4: procesamientos de la inferencia:

Un sistema modelado por un MCN evolucionará durante el tiempo, donde la activación de cada neurona dependerá del grado de activación de sus antecedentes en la iteración anterior. Normalmente este proceso se repite hasta que el sistema estabilice o se alcance un número máximo de iteraciones [34, 35, 43].

El procesamiento para la inferencia, consiste en calcular el vector de estado  $A$  a través del tiempo, para una condición inicial  $A^0$  [36]. De forma análoga a otros sistemas neuronales, la activación de  $C_i$  dependerá de la activación las neuronas que inciden directamente sobre el concepto  $C_i$  y de los pesos causales asociados a dicho concepto. La ecuación 6 muestra la expresión utilizada para el procesamiento.

$$A_i^{(K+1)} = f\left(A_i^{(K)} \sum_{i=1; j \neq i}^n A_i^{(K)} * W_{ji}\right) \quad (4)$$

Donde:

$A_i^{(K+1)}$  : es el valor del concepto  $C_i$  en el paso k+1 de la simulación,

$A_i^{(K)}$  : es el valor del concepto  $C_j$  en el paso k de la simulación,

$W_{ji}$ : es el peso de la conexión que va del concepto  $C_j$  al concepto  $C_i$  y  $f(x)$  es la función de activación.

Los sistemas inestables pueden ser totalmente caóticos o cíclicos, y son frecuentes en modelos continuos. En resumen, el proceso de inferencia en un MCD puede mostrar una de las siguientes características:

Estados de estabilidad: si  $\exists tk \in \mathbb{N}: A_i^{(t+x)} = A_i^{(t)} \forall t > tk$  por tanto, después de la iteración  $tk$  el FCM producirá el mismo vector de estado. Después esta configuración es ideal, pues representa la codificación de un patrón oculto en la causalidad [37], [38].

Estados cíclicos: si  $\exists tk, P \in \mathbb{N}: A_i^{(t+p)} = A_i^{(t)} \forall t > tk$ . El mapa tiene un comportamiento cíclico con periodo  $P$ . En este caso el sistema producirá el mismo vector de estado cada  $P$ -ciclos del proceso de inferencia [39], [40].

Estado caótico: el mapa produce un vector de estado diferente en cada ciclo. Los conceptos siempre varían su valor de activación [41], [42].

#### 4 Presentación del caso clínico

Paciente masculino mestizo de 33 años, procedente de Ambato, de ocupación chofer, con un grupo sanguíneo 0+, con antecedente de distrofia muscular que apareció a los 14 años dificultando la deambulaci3n. Fue estudiado en el HEE, sin embargo, no se realiz3 estudios gen3ticos. Presentan antecedentes familiares con la misma patolog3a 2 hermanas, por aparente consanguinidad de padres primos en tercer lugar. Se refiere dolor lumbar y debilitamiento muscular en brazos y piernas con limitaci3n funcional que aparentemente a los 14 a3os intensific3 a los 23. Se realiz3 varios ex3menes complementarios que fueron realmente 3tiles a la hora de diagnosticar y tratar al paciente

Ex3menes complementarios

- Fuerza muscular cintura escapular 3/4

- Distal ambas cinturas: 5/5
- BH VCM: 79 gb
- HCM: 26.8 pg
- Glucosa: 283 mg/dL
- Urea: 28 mg/dL
- Creatina: 0.63 mg/D
- úrico: 5.1 mg/dL
- Ast: 19 U/L
- Alt: 36 U/L
- Albúmina: 4.6 g/dL
- Tsh: 17 Mu/L
- Ekg: Arritmia sinusal.
- Ecocardiograma: Normal.
- Glicemia capilar 344 mg/dl
- Hcto: 56%
- Prueba A1C: Positivo

En este caso el paciente presenta muchos factores de riesgo, donde al revisar los exámenes complementarios se encuentran varias enfermedades ligadas al DMD, en la segunda consulta que se tuvo con el paciente N.N, tuvo el resultado de los exámenes A1C donde se pudo confirmar que el paciente tiene un cuadro de diabetes. Es un caso donde se debe hacer exámenes genéticos aun no realizados ya que tiene padres con aparente consanguinidad (primos en tercer grado). Actualmente el paciente sigue en tratamiento y acude a consulta en el Hospital Regional Docente Ambato.

## 5 Implementación del método para la recomendación en la identificación de perfiles de pacientes con DMD

La presente sección ilustra la implementación del método propuesto. Se describe un estudio de caso para la recomendación en la identificación de perfiles de pacientes con DMD en 6 pacientes que asistieron a la consulta del Hospital Regional Docente Ambato, y cuyo registro histórico aparece en los archivos de historias clínicas. A continuación se describen los resultados del estudio:

Actividad 1 Identificación de los criterios evaluativos:

Para el desarrollo de estudio, se consultaron 5 expertos. El grupo representa la base para la definición de los criterios evaluativos y las relaciones causales. A partir del trabajo realizado por el grupo de expertos se identificaron el conjunto de criterios. La tabla 1 muestra el resultado de los criterios identificados.

Tabla 1. Criterios evaluativos.

No.	Criterios
1	Dificultad para tragar
2	Escoliosis
3	Pérdida de músculo o acortamiento permanente del músculo
4	Anomalías en la forma de caminar

Actividad 2 determinaciones de las relaciones causales de los criterios:

Para la identificación de las relaciones causales se obtuvo la información del grupo de expertos que participa en el proceso. Se identificaron como resultado 5 matrices de adyacencia con el conocimiento expresado por cada experto. Las matrices pasaron por un proceso de agregación en la que se genera como resultado final una matriz de adyacencias resultante. La tabla 2 muestra la matriz de adyacencia resultante del proceso.

**Tabla 2.** Matriz de adyacencia Indicadores evaluativos.

	<b>C<sub>1</sub></b>	<b>C<sub>2</sub></b>	<b>C<sub>3</sub></b>	<b>C<sub>4</sub></b>
<b>C<sub>1</sub></b>	[0.00]	[1,0,0]	[0.70,0.25,0.30]	[1,0,0]
<b>C<sub>2</sub></b>	[1,0,0]	[0.00]	[0.8,0,15,0.20 ]	[0.8,0,15,0.20 ]
<b>C<sub>3</sub></b>	[0.70,0.25,0.30]	[0.8,0,15,0.20 ]	[0.00]	[0.8,0,15,0.20]
<b>C<sub>4</sub></b>	[1,0,0]	[0.8,0,15,0.20 ]	[0.8,0,15,0.20]	[0.00]

Actividad 3 obtenciones del MCN:

Una vez obtenidos los indicadores evaluativos y sus relaciones causales correspondientes en la actividad 2, se realiza la representación del conocimiento en el MCN resultante.

Actividad 4 procesamientos de la inferencia:

La matriz de adyacencia posee el conocimiento necesario para determinar los pesos atribuidos a cada indicador evaluativo. Para calcular los pesos, se emplea la ecuación 3. La tabla 3 muestra los resultados del cálculo realizado.

**Tabla 3:** Peso atribuido a los indicadores criterios.

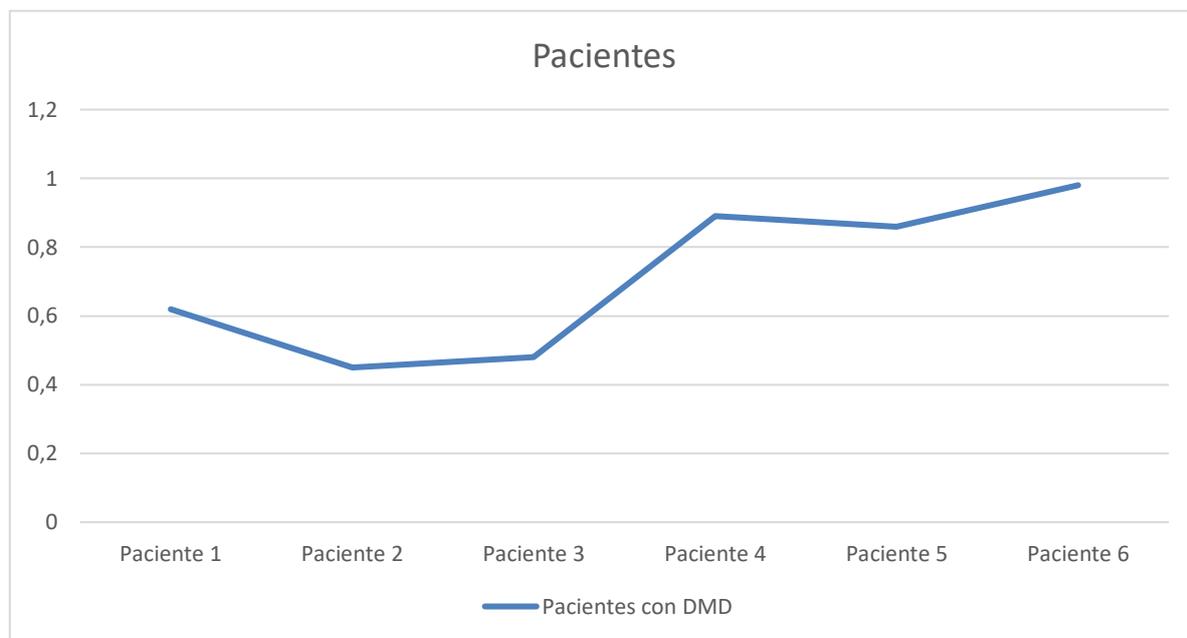
<b>Criterios</b>	<b>Descripción del criterio evaluativo</b>	<b>Peso</b>
C <sub>1</sub>	Dificultad para tragar	[0.675,0,10,0.20]
C <sub>2</sub>	Escoliosis	[0.65,0,15,0.20]
C <sub>3</sub>	Pérdida de músculo o acortamiento permanente del músculo	[0.575,0,15,0.20]
C <sub>4</sub>	Anomalías en la forma de caminar	[0.65,0,10,0.20]

Una vez determinado los pesos de los indicadores. Se determinan los perfiles de pacientes diagnosticados con DMD de 6 pacientes cuyas historias clínicas fueron analizadas y registradas en el sistema. Las tabla 4 muestran los resultados del cálculo realizado.

**Tabla 4:** Cálculo de preferencias atribuidas del comportamiento de DMD de una alternativa.

<b>Criterio</b>	<b>Peso</b>	<b>Preferencia</b>	<b>Agregación</b>
C <sub>1</sub>	[0.675,0,10,0.20]	[1,0,0 ]	[0.675,0,15,0.20]
C <sub>2</sub>	[0.65,0,15,0.20]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.585,0,15,0.20]
C <sub>3</sub>	[0.575,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.575,0,15,0.20]
C <sub>4</sub>	[0.65,0,10,0.20]	[1,0,0 ]	[0.65,0,15,0.20]
Índice			[0,62,0,15,0.20]

La figura 3 muestra una gráfica con el comportamiento de los diferentes indicadores en 6 pacientes diagnosticados con DMD.



**Figura 3.** Comportamiento de los diferentes indicadores por cada uno de los pacientes diagnosticados.

A partir de las recomendaciones emitidas por el método de recomendación, que realizó la inferencia a partir del perfil de 6 pacientes diagnosticados con DMD, se realizaron los análisis correspondientes del paciente objeto de estudio, el cual, en concordancia con la recomendación, fue diagnosticado con DMD y tratado en el Hospital General Docente Ambato. La DMD podría clasificarse en uno de los principales problemas que presenta, claramente una discapacidad física del 74% afecta la vida del paciente de forma drástica, además de presentar diabetes e hipotiroidismo.

### Discusiones

La Distrofia Muscular de Duchenne tiene una incidencia en la población general de 1/3600 y que además estos representan una neoplasia poco frecuente entre el 5 y el 10% de todas las distrofias musculares principalmente en hombres. Además, se encontraron alteraciones genéticas que incluyen padres con aparente consanguinidad.

El cuadro clínico es prácticamente la presencia de la distrofia muscular que es detectada desde temprana edad, pero esta impide poder realizar sus actividades diarias con normalidad. Con respecto a la Distrofia Muscular de Duchenne es causado por una mutación genética en donde hay un mayor riesgo de malformaciones congénitas degenerativas y mayor riesgo de enfermedades como diabetes y una herencia autosómica dominante, en donde los hijos pueden ser afectados, en otras palabras; una persona necesita tener una mutación en una sola copia del gen para tener la enfermedad. En una cohorte de 835 pacientes con DMD, coincide un rango la edad de 20 años, la tasa de supervivencia a 10 años de seguimiento pasó del 23,3% en pacientes nacidos entre 1961 y 1970, al 54% para los pacientes nacidos entre 1971 y 1980 y de 59,8% en los pacientes nacidos entre 1981 y 1990.

### Conclusión

La presente investigación desarrolló un método neutrosófico para la recomendación en la identificación de perfiles de pacientes con DMD. Se identifican perfiles de pacientes con DMD de 6 casos históricos, que sirvieron para la inferencia del método. La Distrofia Muscular de Duchenne, a pesar de su baja incidencia, es importante debido a su agresividad y cuando es detectada de manera temprana con un tratamiento adecuado puede mejorar la calidad de vida del paciente.

Es necesario conocer y entender los aspectos más importantes de la enfermedad con el fin de ser diagnosticada lo más pronto posible; también, se debe tener en cuenta que existen varios tipos de distrofias musculares y esta información es necesaria para establecer el diagnóstico diferencial. Por supuesto, no debe faltar la elabora-

ción del árbol genealógico, herramienta que puede ayudar a orientar el diagnóstico o, incluso, a corroborarlo.

Es muy importante un adecuado y detallado examen clínico que busque los signos y los síntomas propios de la enfermedad. Posteriormente se realizarán exámenes complementarios mencionados en la presentación del caso clínico, todo en conjunto para definir el caso clínico.

## Referencias

- [1] D. M. Chaustre, and W. Chona, "Distrofia muscular de duchenne: Perspectivas desde la rehabilitación," *Revista Med*, vol. 19, no. 1, pp. 37-44, 2011.
- [2] F. Leiva-Cepas, A. M. Martínez, and I. López-López, "Puesta al día en distrofia muscular de Duchenne," *Medicina de Familia. SEMERGEN*, vol. 47, no. 7, pp. 472-481, 2021.
- [3] C. Aguilar-Delgadillo, and L. Ramos-Lira, "El estudio de la distrofia muscular de Duchenne: más allá del ángulo médico," 2020.
- [4] P. San Martín, and F. Solís, "Sobrevida de pacientes con distrofia muscular de Duchenne," *Revista chilena de pediatría*, vol. 89, no. 4, pp. 477-483, 2018.
- [5] F. D. Huamán-Dianderas, M. L. Guevara-Fujita, D. R. Málaga, A. Estrada-Cuzcano, and R. Fujita, "Detección de mutaciones causantes de distrofia muscular de Duchenne/Becker: reacción en cadena de la polimerasa multiplex vs. amplificación múltiple dependiente de ligación por sondas," *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, vol. 36, pp. 475-480, 2019.
- [6] P. C. Martínez-Esteban, D. Guillén-Pinto, A. A. Duran Padrós, D. Koc-Gonzales, J. Flores-Bravo, C. Méndez-Dávalos, C. Suyo-Suyo-Suyo, E. R. Espíritu-Rojas, N. Caballero-Bedón, and L. E. Celis-García, "Guía de práctica clínica para el diagnóstico y tratamiento de la distrofia muscular de Duchenne. Sociedad Peruana de Neurología. Versión Corta," *Acta Médica Peruana*, vol. 39, no. 2, pp. 205-215, 2022.
- [7] I. Almendro-Martínez, C. Llorente-Parrado, A. Cadarso-Mora, M. Nuño-Estévez, A. Dumitrescu, and O. Arroyo-Riaño, "Perspectivas de pacientes con distrofia muscular de Duchenne: grupo focal para mejorar la calidad asistencial," *Journal of Healthcare Quality Research*, vol. 35, no. 5, pp. 273-279, 2020.
- [8] M. V. Herrero, A. L. Manresa, D. Pronello, G. C. Giménez, F. Prado, P. Salinas, G. Moscoso, V. Oviedo, C. Valdebenito, and J. C. Morales, "Rehabilitación respiratoria para pacientes con distrofia muscular de Duchenne en etapas de pérdida de la marcha," *Neumología Pediátrica*, vol. 16, no. 1, pp. 17-22, 2021.
- [9] L. Rocchi, L. Paolotti, A. Rosati, A. Boggia, and C. Castellini, "Assessing the sustainability of different poultry production systems: A multicriteria approach," *Journal of cleaner production*, vol. 211, pp. 103-114, 2019.
- [10] M. Moghadas, A. Asadzadeh, A. Vafeidis, A. Fekete, and T. Kötter, "A multi-criteria approach for assessing urban flood resilience in Tehran, Iran," *International journal of disaster risk reduction*, vol. 35, pp. 101069, 2019.
- [11] I. Bagdanavičiūtė, L. Kelpšaitė-Rimkienė, J. Galinienė, and T. Soomere, "Index based multi-criteria approach to coastal risk assesment," *Journal of Coastal Conservation*, vol. 23, no. 4, pp. 785-800, 2019.
- [12] I. C. B. Portilla, I. C. H. Sánchez, and I. R. Tarquino, "Diffuse cognitive maps for analysis of vulnerability to climate variability in Andean rural micro-watersheds," *Dyna*, vol. 87, no. 212, pp. 38-46, 2020.
- [13] Y. Zhang, J. Qin, P. Shi, and Y. Kang, "High-order intuitionistic fuzzy cognitive map based on evidential reasoning theory," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 27, no. 1, pp. 16-30, 2018.
- [14] B. Efe, "Fuzzy cognitive map based quality function deployment approach for dishwasher machine selection," *Applied Soft Computing*, vol. 83, pp. 105660, 2019.
- [15] M. Cornelio, "Estación de trabajo para la práctica de Microbiología y Parasitología Médica en la carrera de medicina integrado al sistema de laboratorios a distancia," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.
- [16] N. Caedentey Moreno, and O. Mar-Cornelio, "Monitoreo energético en los laboratorios de la Universidad de las Ciencias Informáticas," *Ingeniería Industrial*, vol. 37, no. 2, pp. 190-199, 2016.
- [17] S. M. McCauley, and M. H. Christiansen, "Language learning as language use: A cross-linguistic model of child language development," *Psychological review*, vol. 126, no. 1, pp. 1, 2019.
- [18] Z. Wu, J. Xu, X. Jiang, and L. Zhong, "Two MAGDM models based on hesitant fuzzy linguistic term sets with possibility distributions: VIKOR and TOPSIS," *Information Sciences*, vol. 473, pp. 101-120, 2019.
- [19] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado*, vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.
- [20] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

- [21] C. Marta Rubido, and O. M. Cornelio, "Práctica de Microbiología y Parasitología Médica integrado al Sistema de Laboratorios a Distancia en la carrera de Medicina," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.
- [22] M. Leyva-Vázquez, K. Pérez-Teruel, A. Febles-Estrada, and J. Gulín-González, "Modelo para el análisis de escenarios basado en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico," *Ingeniería y Universidad*, vol. 17, pp. 375-390, 2013.
- [23] K. Papageorgiou, P. K. Singh, E. Papageorgiou, H. Chudasama, D. Bochtis, and G. Stamoulis, "Fuzzy Cognitive Map-Based Sustainable Socio-Economic Development Planning for Rural Communities," *Sustainability*, vol. 12, no. 1, pp. 1-31, 2019.
- [24] A. P. Anninou, and P. P. Groumpos, "A new mathematical model for fuzzy cognitive maps-application to medical problems," *Системная инженерия и информационные технологии*, vol. 1, no. 1, pp. 63-66, 2019.
- [25] M. Khodadadi, H. Shayanfar, K. Maghooli, and A. H. Mazinan, "Fuzzy cognitive map based approach for determining the risk of ischemic stroke," *IET systems biology*, vol. 13, no. 6, pp. 297-304, 2019.
- [26] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and I. P. Pupo, "Sistema de recomendaciones sobre la evaluación de proyectos de desarrollo de software," *Revista Cubana de Informática Médica*, vol. 13, no. 2, 2021.
- [27] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and F. R. R. Marzo, "Tratamiento de la incertidumbre en la evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto basado en conjuntos borrosos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 13, no. 6, pp. 84-93, 2020.
- [28] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad*, vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.
- [29] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad*, vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.
- [30] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado*, vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.
- [31] E. White, and D. Mazlack, "Discerning suicide notes causality using fuzzy cognitive maps." pp. 2940-2947.
- [32] M. Y. L. Vasquez, G. S. D. Veloz, S. H. Saleh, A. M. A. Roman, and R. M. A. Flores, "A model for a cardiac disease diagnosis based on computing with word and competitive fuzzy cognitive maps," *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Guayaquil*, vol. 19, no. 1, 2018.
- [33] M. J. Ladeira, F. A. Ferreira, J. J. Ferreira, W. Fang, P. F. Falcão, and Á. A. Rosa, "Exploring the determinants of digital entrepreneurship using fuzzy cognitive maps," *International Entrepreneurship and Management Journal*, vol. 15, no. 4, pp. 1077-1101, 2019.
- [34] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado*, vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.
- [35] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.
- [36] R. Giordano, and M. Vurro, *Fuzzy cognitive map to support conflict analysis in drought management fuzzy cognitive maps*, 2010.
- [37] Y. Miao, Z.-Q. Liu, C. K. Siew, and C. Y. Miao, "Dynamical cognitive network-an extension of fuzzy cognitive map," *IEEE transactions on Fuzzy Systems*, vol. 9, no. 5, pp. 760-770, 2001.
- [38] M. Amer, A. Jetter, and T. Daim, "Development of fuzzy cognitive map (FCM) - based scenarios for wind energy," *International Journal of Energy Sector Management*, 2011.
- [39] A. Konar, and U. K. Chakraborty, "Reasoning and unsupervised learning in a fuzzy cognitive map," *Information Sciences*, vol. 170, no. 2-4, pp. 419-441, 2005.
- [40] G. Felix, G. Nápoles, R. Falcon, W. Froelich, K. Vanhoof, and R. Bello, "A review on methods and software for fuzzy cognitive maps," *Artificial Intelligence Review*, vol. 52, no. 3, pp. 1707-1737, 2019.
- [41] S. Alizadeh, and M. Ghazanfari, "Learning FCM by chaotic simulated annealing," *Chaos, Solitons & Fractals*, vol. 41, no. 3, pp. 1182-1190, 2009.
- [42] H. Song, C. Miao, Z. Shen, W. Roel, D. Maja, and C. Francky, "Design of fuzzy cognitive maps using neural networks for predicting chaotic time series," *Neural Networks*, vol. 23, no. 10, pp. 1264-1275, 2010.
- [43] Vildoso Villegas, J. Y., Jiménez, E. J., Vildoso Gonzales, V. S., & Macazana Fernández, D. M. "Influencia del perfil del egresado y la formación profesional en las actitudes hacia las creencias ambientales y de gestión de riesgo de los alumnos de la escuela académico profesional de educación de la Facultad de Educación de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos año lectivo 2016-I". *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, 8(SPE2). 2021.

- [44] Pawelczyk, C. A., & Fernández, D. M. M. "Gestión educativa y satisfacción académica en alumnos de escuela de infantería del ejército peruano". *Universidad y Sociedad*, vol 12 no S1, pp 373-379. 2020.
- [45] Villegas, J. Y. V., Jimenez, E. J. B., Garcia, T. C. S., & Fernandez, D. M. M. "Autoevaluación, Coevaluación, Portafolio y Aprendizaje Colaborativo en el rendimiento académico de los alumnos de la facultad de educación". *Revista Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas*. ISSN 2574-1101, vol 14, pp 71-76. 2020.

**Recibido:** Octubre 15, 2022. **Aceptado:** Diciembre 23, 2022