



Revista Información Científica

ISSN: 1028-9933

Universidad de Ciencias Médicas Guantánamo

Díaz-Schery, Greister; Romero-Ramírez, Niovis; Velázquez-Hernández, Miguel  
Empleo de fuzzy TOPSIS en el tratamiento de pseudoartrosis con células madre

Revista Información Científica, vol. 102, 4158, 2023

Universidad de Ciencias Médicas Guantánamo


DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8104224>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=551774301030>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org



Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto

**Empleo de fuzzy TOPSIS en el tratamiento de pseudoartrosis con células madre****Application of fuzzy TOPSIS method in pseudoarthrosis treatment with stem cells****Uso de TOPSIS difuso no tratamento de pseudoartrose com células-tronco**Greister Díaz-Schery<sup>1\*</sup> , Niovis Romero-Ramírez<sup>1</sup> , Miguel Velázquez-Hernández<sup>1</sup> <sup>1</sup> Hospital General Docente "Dr. Agostinho Neto". Guantánamo, Cuba.<sup>1</sup> Universidad de Ciencias Médicas de Guantánamo. Guantánamo, Cuba.**\*Autor para la correspondencia:** [calejandro.schery@gmail.com](mailto:calejandro.schery@gmail.com)

Recibido: 17-02-2023 Aprobado: 16-06-2023 Publicado: 04-07-2023

**RESUMEN**

**Introducción:** son muy escasos los estudios publicados sobre el efecto de infiltraciones con células madres en pseudoartrosis aséptica posquirúrgicas. Asimismo, los métodos tradicionales de tratamiento coadyuvante para favorecer la consolidación (esteroides anabólicos y bifosfonatos) representan elevados riesgos, rechazo e incluso abandono del tratamiento por parte del paciente.

**Objetivo:** jerarquizar las variables más influyentes para el tratamiento con células madre en la pseudoartrosis aséptica posquirúrgica en el servicio de Ortopedia y Traumatología del Hospital General Docente "Dr. Agostinho Neto" del municipio de Guantánamo en el período de enero 2022 a enero 2023, con el empleo de la herramienta fuzzy TOPSIS. **Método:** se aplicó un estudio descriptivo, con el apoyo de los métodos de proceso de jerarquía analítica difusa (fuzzy AHP) y técnica para el cumplimiento de órdenes por similitud con la solución ideal difusa (fuzzy TOPSIS), con datos del

departamento de Ortopedia y Traumatología del hospital antes mencionado. El universo estuvo constituido por 50 pacientes, la muestra del estudio quedó conformada por n = 44.

**Resultados:** se pudieron obtener las principales variables que intervienen en un tratamiento con células madre en la pseudoartrosis para garantizar el éxito en la implementación de dicho tratamiento, ellas fueron: trazo de la fractura, causa de la pseudoartrosis, tipo de terapia empleada, tiempo de consolidación y grado de consolidación. **Conclusiones:** la jerarquización de las variables obtenidas constituirá una guía donde los servicios de Ortopedia y Traumatología del Hospital General Docente "Dr. Agostinho Neto", del municipio de Guantánamo, podrá incidir en la efectividad del tratamiento con células madre en la pseudoartrosis.

**Palabras clave:** pseudoartrosis; fuzzy TOPSIS; células madre; calidad en la atención

## ABSTRACT

**Introduction:** currently there are very few published studies concerning the effect of implantations with stem cells in post-surgical aseptic pseudoarthrosis. In addition, the traditional methods of adjuvant treatment in order to improve efficacy (anabolic steroids and bisphosphonates) represent high risks, rejection and even treatment abandonment by patients. **Objective:** hierarchalising the most influential variables for treatment with stem cells in post-surgical aseptic pseudoarthrosis in the Orthopedics and Traumatology service of the Hospital General Docente "Dr. Agostinho Neto", Guantánamo, from January 2022 to January 2023, with the application of the TOPSIS fuzzy method. **Method:** a descriptive study was applied, with the application of Fuzzy Analytical Hierarchy process methods (Fuzzy AHP) and the Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (fuzzy TOPSIS), with information gathered from the Orthopedics and Traumatology department of the aforementioned hospital. The universe of study consisted of 50 patients. The study sample included n=44. **Results:** it was possible to obtain the main variables involved in the stem cell treatment for pseudarthrosis, variables with great contribution in the success of implementation of such treatment, which were as follow: fracture trace, cause of pseudarthrosis, type of therapy used, time of bone consolidation and degree in bone consolidation. **Conclusions:** the hierarchization of the variables obtained will constitute a guide where the Orthopedics and Traumatology services of the Hospital General Docente "Dr. Agostinho Neto", in Guantánamo municipality, will be able to influence in the efficacy of stem cell treatment for pseudarthrosis.

**Keywords:** pseudarthrosis; fuzzy TOPSIS; stem cells; quality of care

## RESUMO

**Introdução:** existem poucos estudos publicados sobre o efeito de infiltrações com células-tronco em pseudoartrose asséptica pós-cirúrgica. Da mesma forma, os métodos tradicionais de tratamento adjuvante para promover a consolidação (esteróides anabolizantes e bisfosfonatos) representam riscos elevados, rejeição e até abandono do tratamento por parte do paciente. **Objetivo:** priorizar as variáveis de maior influência para o tratamento com células-tronco na pseudoartrose asséptica pós-cirúrgica no serviço de Ortopedia e Traumatologia do Hospital General Docente "Dr. Agostinho Neto" do município de Guantánamo no período de janeiro de 2022 a janeiro de 2023, com a utilização da ferramenta fuzzy TOPSIS. **Método:** foi aplicado um estudo descritivo, com apoio dos métodos de processo hierárquico analítico fuzzy (fuzzy AHP) e da técnica de atendimento de pedidos por similaridade com a solução fuzzy ideal (fuzzy TOPSIS), com dados do Departamento de Ortopedia e Traumatologia do referido hospital. O universo foi constituído por 50 doentes, a amostra do estudo foi constituída por n=44. **Resultados:** foi possível obter as principais variáveis que intervêm num tratamento com células estaminais na pseudoartrose para garantir o sucesso na implementação do referido tratamento, elas foram eles: linha de fratura, causa da pseudoartrose, tipo de terapia utilizada, tempo de consolidação e grau de consolidação. **Conclusões:** a hierarquização das variáveis obtidas constituirá um guia onde os serviços de Ortopedia e Traumatologia do Hospital General Docente "Dr. Agostinho Neto", município de Guantánamo, poderá influenciar a eficácia do tratamento com células-tronco na pseudoartrose.

**Palavras-chave:** pseudoartrose; TOPSIS difuso; células mãe; qualidade do cuidado

### Cómo citar este artículo:

Díaz-Schery G, Romero-Ramírez N, Velázquez-Hernández M. Empleo de fuzzy TOPSIS en el tratamiento de pseudoartrosis con células madre. Rev Inf Cient. 2023; 102:e4158. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8104224>



## INTRODUCCIÓN

La célula madre es como si fuera la base de la pirámide para cada linaje, entendiéndose por linaje la diferenciación de funciones de cada célula. La célula del epitelio (piel) es un linaje, la de la sangre es otro, y así sucesivamente. Los estudios realizados han demostrado que para la formación de cada linaje existe una célula madre que los creó, de la cual proceden.<sup>(1)</sup>

La mayoría de las fracturas completan todas estas fases y curan tras tratamiento ortopédico o quirúrgico que debe conseguir la alineación correcta de los fragmentos y la estabilidad mecánica, esta última condición absolutamente necesaria para la consolidación. Sin embargo, con cierta frecuencia se presenta una significativa tasa de fracasos, entre los que se encuentra la pseudoartrosis aséptica.<sup>(2)</sup> Se produjo con frecuencia la pérdida de empleo, problemas sociales y económicos. Es este proceso una vía expectante para el especialista que busca en todo momento la eficacia procedimental, especialmente, de carácter no quirúrgico.<sup>(3)</sup>

La localización de las pseudoartrosis presenta una clara incidencia en los huesos largos y sobre todo a nivel diafisario; los tres segmentos más comprometidos en este problema: el fémur, tibia y húmero.<sup>(4)</sup> Es una complicación que se presenta con relativa frecuencia en la fractura.<sup>(5)</sup>

Existen diferentes tipos de células madres que se pueden utilizar en el tratamiento, con inclusión de las células madre de médula ósea, células madre de tejido adiposo y células madre mesenquimales.<sup>(6)</sup>

Por otro lado, el tratamiento incide en mejorar las técnicas analíticas, donde integre evaluaciones cualitativas y cuantitativas; además, que incida desde un enfoque multicriterio. Estas técnicas son más complejas, ya que analizan mayor información de incerteza y, en consecuencia, resulta ser más sistemáticas y realistas para solucionar problemas bajo ambiente multicriterio.

De hecho, el método fuzzy TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) permite clasificar y seleccionar la mejor alternativa de un grupo discreto, la cual se han utilizado en diversos campos donde se presenta un problema de selección.<sup>(7)</sup>

Por tanto, esta investigación tiene como objetivo jerarquizar las variables más influyentes para el tratamiento con células madre en la pseudoartrosis aséptica posquirúrgica en el servicio de Ortopedia y Traumatología del Hospital General Docente “Dr. Agostinho Neto”, del municipio de Guantánamo en el período de enero 2022 a enero 2023.

## MÉTODO

Se realizó un estudio descriptivo con el apoyo de los métodos de proceso de jerarquía analítica difusa fuzzy AHP (Analytic Hierarchy Process) y técnica para el cumplimiento de órdenes por similitud con la solución ideal difusa (fuzzy TOPSIS).

El universo estuvo constituido por 50 pacientes con el diagnóstico clínico de pseudoartrosis. La muestra del estudio quedó conformada por 44 de estos que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión (presencia de una fractura previa, dolor crónico en la zona afectada, movilidad limitada, una masa de tejido fibroso u óseo y radiografías); con respecto a la exclusión se tomó en cuenta fracturas que no han sido tratadas o inmovilizadas adecuadamente, infecciones en la zona afectada, enfermedades autoinmunitarias y enfermedades óseas metabólicas, según la base de dato consultada.

Fueron aplicados dos métodos de la familia Multiple-criteria Decision Making (MCDM), donde los métodos de apoyo a la decisión multicriterio tienen la capacidad de ayudar a los responsables de la toma de decisiones a "evaluar alternativas".<sup>(8)</sup> Según Ridha<sup>(9)</sup>, los métodos MCDM se basan en la "optimización multiobjetivo", que aumenta el dinamismo de los requisitos para la toma de decisiones.<sup>(10)</sup>

### Fuzzy AHP (FAHP)

El Proceso Analítico Jerárquico Difuso (FAHP), teniendo en cuenta una escala de nueve puntos y cinco números difusos triangulares ( $\tilde{1}, \tilde{3}, \tilde{5}, \tilde{7}, \tilde{9}$ ), con las correspondientes funciones de pertenencia definidas en la Tabla 1, se utilizan tanto para indicar la fuerza relativa de cada par de elementos de la misma jerarquía como para establecer la matriz difusa de decisión para la evaluación del rendimiento.

**Tabla 1.** Definición y función de pertinencia de la escala difusa

Intensidad de importancia	Número difuso	Definición	Función miembro
1	$\tilde{1}$	Igual importancia (IE)	(1, 1, 2)
3	$\tilde{3}$	Importancia moderada (IM)	(2, 3, 4)
5	$\tilde{5}$	Importancia fuerte (SIM)	(4, 5, 6)
7	$\tilde{7}$	Muy importante (VSI)	(6, 7, 8)
9	$\tilde{9}$	Extremadamente importante (EMI)	(8, 9, 10)

Este estudio utiliza el método FAHP<sup>(11)</sup> y se utiliza para determinar las ponderaciones de los criterios de evaluación.

Para la aplicación de esta metodología es necesario que tanto los criterios como las alternativas puedan estructurarse jerárquicamente de forma que el primer nivel de la jerarquía corresponda al objetivo general del problema, el segundo a los criterios y el tercero a las alternativas.<sup>(14)</sup> Como plantea Dautov<sup>(15)</sup>, la ordenación jerárquica permite al responsable de la toma de decisiones tener una "visión del sistema en su conjunto y de sus componentes, así como de las interacciones de estos componentes y de los impactos que tienen en el sistema".<sup>(16)</sup>

A partir de la revisión de la literatura, se observó que tres artículos integran FAHP y FTOPSIS. No cabe duda de que la combinación FAHP-FTOPSIS puede ayudar al responsable de la toma de decisiones a construir una base sólida para la evaluación. Sin embargo, la existencia de información difusa puede tener un impacto imperceptible en la precisión, lo que da margen para futuras mejoras.<sup>(16)</sup>

## Fuzzy TOPSIS (FTOPSIS)

Se tuvo en cuenta los pasos de Parveen<sup>(16)</sup> y posteriormente se aplicó el enfoque FTOPSIS sobre los datos obtenidos. Para asignar las puntuaciones en la escala difusa en relación con las evaluaciones realizadas por los encuestados, se asignó una función triangular, en la que cada puntuación está representada por tres números. La tabla 2 y tabla 3 ilustran las puntuaciones asignadas en este caso.

**Tabla 2.** Puntuación de la escala difusa triangular

Puntuación	Escala Triangular Difusa		
Nada importante (PT1)	0	0	0,1
Poco importante (PT2)	0	0,1	0,3
Ligeramente importante (PT3)	0,1	0,3	0,5
Neutral (PT4)	0,3	0,5	0,7
Moderadamente importante (PT5)	0,5	0,7	0,9
Muy importante (PT6)	0,7	0,9	1,0
Extremadamente importante (PT7)	0,9	1,0	1,0

**Tabla 3.** Escala difusa de los niveles de experiencia

Nivel de Experiencia	Escala Triangular Difusa		
Nivel 1 (N1)	0,00	0,00	0,50
Nivel 2 (N2)	0,00	0,50	0,75
Nivel 3 (N3)	0,50	0,75	1,00
Nivel 4 (N4)	0,75	1,00	1,00

Como plantea Parveen<sup>(16)</sup>, una vez tratados los datos mediante la escala difusa triangular, se realizan los debidos cálculos a través de las siguientes etapas:

*Etapas 1:* Estructuración de la matriz con los valores obtenidos (informados por los encuestados) para cada una de las variables y de la matriz con los niveles de experiencia.

*Etapas 2:* Normalización de la matriz de los valores obtenidos para las variables para obtener la matriz de las puntuaciones.

*Etapas 3:* A partir de las ponderaciones realizadas entre los valores obtenidos para las variables respuestas y los niveles de experiencia de los encuestados, se generó una nueva matriz, establecida por producto/multiplicación entre los valores difusos obtenidos para las variables respuestas en forma normalizada y los niveles difusos de experiencia de los encuestados también en forma normalizada.

*Etapas 4:* A través de la matriz difusa ponderada y normalizada obtenida, se calculó la distancia entre cada uno de los elementos de las soluciones ideales positiva y negativa.

*Etapas 5:* El cálculo de la distancia total referida a cada una de las alternativas en relación a las soluciones ideales (positivas y negativas), pudo realizarse con la suma de las distancias parciales halladas.

*Etapas 6:* Por último, se pudo calcular el coeficiente de proximidad (CCi) referido a cada una de las variables analizadas. En este caso, las variables para el tratamiento se ordenaron de forma descendente. Siendo así, aquellas que se encuentren entre las primeras del *ranking* serán consideradas como las principales evaluadas por los especialistas.

## RESULTADOS

Esta sección presenta brevemente los resultados de la identificación de las variables para robustecer el tratamiento con células madre en la pseudoartrosis aséptica posquirúrgica en el servicio de Ortopedia y Traumatología.

Se utilizó el FAHP para calcular las ponderaciones de los niveles de pericia inicialmente enumerados (N1, N2, N3 y N4) de acuerdo con las Tablas 2 y 3 (de la sección anterior) para cada experto seleccionado en este estudio. Se realizó una comparación entre los expertos con respecto al nivel de pericia.

Se procedió a calcular los pesos difusos para cada experto, donde el conjunto de pesos difusos es importante no solo por razones de equidad y fácil interpretación, sino que también es necesario llegar a una solución única para algunos métodos como se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Media geométrica del valor de comparación difuso ( $\tilde{r}_i$ ) y distribución de los pesos difusos

Media geométrica do fuzzy				(Peso fuzzy)				
CRI	$r_i$			$W_i$				Rank
E1	0,000	0,509	5	0,000	0,096	0,139	0,000	5
E2	0,669	1,071	4	0,065	0,112	0,146	0,067	4
E3	0,721	1,053	2	0,072	0,115	0,165	0,093	2
E4	0,760	1,000	3	0,073	0,110	0,164	0,095	3
E5	1,000	1,000	1	0,075	0,113	0,169	0,092	1

Como resultado de lo anterior, se muestra claramente el orden de importancia de los expertos, se tuvo en cuenta las comparaciones por pares, donde se utilizó una escala de preferencias.

Después de obtener las ponderaciones de cada investigador, se construyó una matriz donde se relacionan los expertos de acuerdo a las variables que impulsan el robustecimiento del tratamiento, a partir de una lista de chequeo. La priorización y selección de las variables más factibles se realizaron con la aplicación de FTOPSIS, con la herramienta R Studio y el uso del paquete FMCDM.

El modelo FTOPSIS, una vez obtenidos los pesos y la matriz de comparación de las variables de tratamiento para identificar el grado de importancia, se aplicó el modelo utilizando R Studio, como se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Variable principal el método FTOPSIS

Variables	Código	R.1	R.2	R.3	Def_R	Ranking
Trazo de la fracturas	V9	0.187	0.713	18.95	0.800	1
Causas de la pseudoartrosis	V10	0.283	0.828	11.35	0.747	3
Tipo de terapia empleada	V2	0.272	0.618	18.70	0.714	4
Tiempo de consolidación	V4	0.361	0.815	14.60	0.692	2
Grado de consolidación	V7	0.220	0.547	17.79	0.676	5

En la aplicación del método FTOPSIS, se siguió un orden creciente, se realizó un análisis de las 5 más influyentes de un total de 11 variables, como se muestra a continuación:  $V9 > V4 > V10...$ , entre otros.

## DISCUSIÓN

Es importante tener en cuenta que la toma de decisiones en el tratamiento con células madre en la pseudoartrosis aséptica posquirúrgica en el servicio de Ortopedia y Traumatología debe ser un proceso continuo y adaptativo, que se ajusta a medida que se obtiene nueva información y se cambian las circunstancias. Además, es esencial involucrar a las partes interesadas y a la comunidad en todo el proceso para garantizar que se aborden las necesidades y preocupaciones del paciente, y se obtengan resultados óptimos.

Por esta razón, los resultados fueron satisfactorios, es decir, el objetivo principal del presente estudio se cumplió, en proponer variables para robustecer el tratamiento propuesto con la evaluación del método FTOPSIS; se tuvo en cuenta las variables trazo de las fracturas, tiempo de consolidación, causas de la pseudoartrosis, tipo de terapia empleada y grado de consolidación.

## CONCLUSIONES

De este modo, se concluye que la identificación de las variables para el tratamiento en función de múltiples criterios, como la eficacia, la seguridad, el costo y la calidad de vida del paciente, fueron las mejores alternativas.

El método FTOPSIS resulta ser una herramienta efectiva para facilitar la estación de tratamiento que produce alto rendimiento, en consecuencia, una mejora en el proceso de analizado.

La toma de decisiones es complicada, debe formarse tempranamente un tratamiento robusto en dirección de mejorar la calidad de vida del paciente, las variables obtenidas permitirán ser una guía donde los servicios de Ortopedia y Traumatología del Hospital General Docente del municipio de Guantánamo puedan incidir en la efectividad del proceso hacia el tratamiento de los pacientes atendidos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Si F, Le Treut G, Sauls JT, Vadia S, Levin PA, Jun S. Mechanistic Origin of Cell-Size Control and Homeostasis in Bacteria. *Current Biology* [Internet]. 2019 Jun [citado 16 Feb 2023]; 29(11):1760-1770.e7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.04.062>
2. Kostic I, Mitkovic M, Mitkovic M. The diaphyseal aseptic tibial nonunions after failed previous treatment options managed with the reamed intramedullary locking nail. *J Clin Orthop Trauma* [Internet]. 2019 Jan



- [citado 16 Feb 2023]; 10(1):182-90. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.icot.2017.08.006>
3. Romero-Soto M. Efecto de las ortesis plantares sobre las presiones plantares y tensión muscular en corredores amateurs tras 8 semanas de uso: un ensayo clínico aleatorizado [Tesis Doctoral]. España: Universidade da Coruña; 2022 [citado 16 Feb 2023]; Disponible en: <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/31221>
  4. Minervini F, Peek J, van Veelen NM, Kestenholz PB, Kremo V, Leiser A, *et al.* Nonunion of traumatic rib fractures: a suitable indication for surgery? *Eur J Trauma Emerg Surg* [Internet]. 2022 Aug [citado 16 Feb 2023]; 48(4):3165-9. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00068-021-01865-z>
  5. Velázquez-Moreno JD, Casiano-Guerrero G. Algoritmo del tratamiento de la pseudoartrosis diafisaria. *Acta Ortop Mex* [Internet]. 2019 Ene-Feb [citado 16 Feb 2023]; 33(1):50-7. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/ortope/or-2019/or191l.pdf>
  6. López Fonseca MP. Uso autólogo de células madre mesenquimales aisladas de médula ósea para el tratamiento de lesiones osteocontrales Revisión de protocolos y métodos de criopreservación [Tesis]. Pontificia Universidad Javeriana; 2015 [citado 29 Abr 2023]; Disponible en: <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/16671>
  7. Muñoz-Medina B, Ordóñez J, Romana MG, Lara-Galera A. Typology Selection of Retaining Walls Based on Multicriteria Decision-Making Methods. *Appl Sci* [Internet]. 2021 Jan [citado 29 Abr 2023]; 11(4):1457. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11041457>
  8. Akhanova G, Nadeem A, Kim JR, Azhar S. A multi-criteria decision-making framework for building sustainability assessment in Kazakhstan. *Sustainable Cities Soc* [Internet]. 2020 Jan [citado 29 Abr 2023]; 52:101842. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101842>
  9. Ridha HM, Gomes C, Hizam H, Ahmadipour M, Heidari AA, Chen H. Multi-objective optimization and multi-criteria decision-making methods for optimal design of standalone photovoltaic system: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Ener Rev* [Internet]. 2021 Jan [citado 29 Abr 2023]; 135:110202. Disponible en: <https://ideas.repec.org/a/eee/rensus/v135y2021ics1364032120304925.html>
  10. Pidgeon A, Dawood N. Bridging the gap between theory and practice for adopting meaningful collaborative BIM processes in infrastructure projects, utilising multi-criteria decision making (MCDM). *ITcon* [Internet]. 2021 Nov [citado 29 Abr 2023]; 26:783-811. DOI: <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2021.043>
  11. Nazim Mohd, Wali Mohammad C, Sadiq Mohd. A comparison between fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods to software requirements selection. *Alexandria Engineering J* [Internet]. 2022 Dec [citado 29 Abr 2023]; 61(12):10851-70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.04.005>
  12. Marins C. O uso do método de análise hierárquica (ahp) na tomada de decisões gerenciais - um estudo de caso. *Pesq Oper Gest Conh* [Internet]. 2009 [citado 29 Abr 2023]; 11:1778-1788. Disponible en: <http://www2.ic.uff.br/~emitacc/AMD/Artigo%204.pdf>
  13. Dautov R, Distefano S, Buyya R. Hierarchical data fusion for Smart Healthcare. *J Big Data* [Internet]. 2019 Feb [citado 29 Abr 2023]; 6(1):19. Disponible en: <https://journalofbigdata.springeropen.com/articles/10.1186/s40537-019-0183-6>

14. Velmurugan K, Saravanasankar S, Venkumar P, Sudhakarapandian R, Bona GD. Hybrid fuzzy AHP-TOPSIS framework on human error factor analysis: Implications to developing optimal maintenance management system in the SMEs. *Sustainable Futures*. 2022 Jan; 4:100087.
15. Lee PC, Lo TP, Tian MY, Long D. An Efficient Design Support System based on Automatic Rule Checking and Case-based Reasoning. *KSCE J Civ Eng* [Internet]. 2019 May. [citado 29 Abr 2023]; 23(5):1952-62. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12205-019-1750-2>
16. Parveen N, Kamble PN. An extension of TOPSIS for group decision making in intuitionistic fuzzy environment. *Mathem Found Comp* [Internet]. 2021 [citado 29 Abr 2023]; 4(1):61-71. DOI: <https://doi.org/10.3934/mfc.2021002>

**Declaración de conflicto de intereses:**

Los autores declaran que no hubo conflictos de intereses en la investigación.

**Contribución de los autores:**

*Conceptualización:* Greister Díaz-Schery.

*Curación de datos:* Greister Díaz-Schery, Niovis Romero-Ramírez, Miguel Velázquez-Hernández.

*Análisis formal:* Greister Díaz-Schery, Niovis Romero-Ramírez.

*Investigación:* Greister Díaz-Schery, Miguel Velázquez-Hernández.

*Metodología:* Greister Díaz-Schery, Miguel Velázquez-Hernández.

*Administración del proyecto:* Greister Díaz-Schery.

*Supervisión:* Greister Díaz-Schery.

*Validación:* Greister Díaz-Schery, Miguel Velázquez-Hernández.

*Visualización:* Greister Díaz-Schery, Niovis Romero-Ramírez, Miguel Velázquez-Hernández.

*Redacción-borrador original:* Greister Díaz-Schery, Niovis Romero-Ramírez, Miguel Velázquez-Hernández.

*Redacción-revisión y edición:* Greister Díaz-Schery, Niovis Romero-Ramírez, Miguel Velázquez-Hernández.

**Financiación:**

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

**Archivo complementario (Open Data):**

[Validación de criterios en Selección de variables para el tratamiento con células madres en la pseudoartrosis con el empleo de Fuzzy TOPSIS](#)