ENERO-DICIEMBRE 2025 | VOLUMEN 1 | NÚMERO 8

Aplicación de Deep Learning y algoritmos de aprendizaje profundo y análisis mitocondrial en metabolismo y obesidad

Autora: Karenth Milena Rodríguez-Córdoba
Artículo: https://doi.org/10.51862/obsknow.n8a7

Resumen

La obesidad, es una de las patologías, del siglo XXI, causando un alto riesgo cardiovascular y morbimortalidad a la población mundial. Las mitocondrias tienen como principal función, regular el metabolismo celular, procesos intrínsecos inducidos por un entorno adverso lipotoxico, lo que podrían afectan su estructura, dinámica, recambio y conectividad, convirtiéndolas en un factor negativo para la expresión de enfermedades metabólicas, oncológica y cardiovasculares. No contamos con algoritmos que integren las ciencias clínicas y ciencias básicas en el aprendizaje didáctico educativo sobre mitocondrias y enfermedades metabólicas. Por lo tanto, el objetivo de esta presente investigación se centra en el uso de herramientas de inteligencia artificial (IA), con la creación de algoritmos en inteligencia artificial, para el aprendizaje profundo y análisis, el mapeo en modelos de obesidad clínica y metabolismo molecular a través de la creación de PROMTS específicos guiados como buscadores que faciliten usar esta herramienta como medio didáctico de aprendizaje, Ya que esto permitirán un enfoque innovador en avance de la ciencia biomédica, ciencias básicas y ciencias clínicas en educación.

Palabras clave

Obesidad, Deep Learning, mitocondrias sanas, mitocondrias dañadas, promts.

Abstract

Obesity is one of the major health problems of the 21st century, causing a high risk of cardiovascular disease and morbidity and mortality in the global population. The primary function of mitochondria is to regulate cellular metabolism, intrinsic processes induced by an adverse lipotoxic environment. This could affect their structure, dynamics, turnover, and connectivity, making them a negative factor in the development of metabolic, oncological, and cardiovascular diseases. We currently lack algorithms that integrate clinical and basic sciences into educational learning about mitochondria and metabolic diseases. Therefore, the objective of this research focuses on the use of artificial intelligence (AI) tools, specifically the creation of AI algorithms for deep learning and analysis, mapping clinical obesity and molecular metabolism models through the creation of specific, guided PROMTS (Problem-Related Tasks) that act as search engines. This facilitates the use of this tool as a

Aplicación de Deep Learning y algoritmos de aprendizaje profundo y análisis mitocondrial en metabolismo y obesidad

Autora: Karenth Milena Rodríguez-Córdoba
Artículo: https://doi.org/10.51862/obsknow.n8a7

didactic learning resource, enabling an innovative approach to advancing biomedical, basic, and clinical sciences in education.

Keywords

Obesity, Deep Learning, healthy mitochondria, damaged mitochondria, PROMTS.

Introducción

En la obesidad, existe un entorno adverso lipotoxico inducido, que se caracteriza por una condición con lípidos circulantes permanentes en altos niveles, inflamación crónica de bajo grado y estrés oxidativo.(OH,S.J *et al.,* 2023) afectando directamente la función mitocondrial, con un aumento de especies reactivas de oxígeno (ROS) que lesionan el ADN mitocondrial (ADNmt) y alteran la expresión génica y epigenética (Rodríguez Córdoba KM *et al.*, 2024 Estas modificaciones, producidas por una mal nutrición, aumentan la susceptibilidad desarrollar enfermedades metabólicas, cardiovasculares e incluso oncogénicas desde etapas tempranas de la vida e impactar en la vida adulta. . (Fowden *et al.*, 2021)

Las mitocondrias en condiciones normales tienen como principal función regular el metabolismo energético celular a través de la formación de redes mitocondriales. James-allan *et al.,* 2020) Estudios experimentales muestran que en condiciones patológicas como en la obesidad, las mitocondrias experimentan cambios que alteran la dinámica mitocondrial y especialmente la morfología de su estructuras y conectividad entre ellas. Juan C.A. de la Lastra, *et al.,* 2021) Estas redes se encuentran fragmentadas y además se han relacionado con estados de disfunción metabólica, resistencia a la insulina y acumulación lipídica. Kelly A.C. 2020) Es por eso que una caracterización y visualización más precisa de estas fragmentaciones en las redes es clave para entender los procesos celulares en obesidad. Juarez, Navarro *et al.*, 2020)

Investigaciones de Shimura, et al, (2023), mostraron que la inactivación de los receptores implicados en la eliminación de las mitocondrias, y recambio de la masa mitocondrial para que exista una homeostasis, está dada por la activación inefectiva de la vía de la mitofagia, dependiente de las vías de PINK1/Parkin en respuesta a los niveles bajos de Mitofusina -2 Son pocos los estudios enfocados por lo tanto, adquiere relevancia los reportes realizados en otros tejidos afectados por la obesidad, Mientras que las publicaciones (Kolac U.K *et al.*, 2021),

demostraron una disminución de los niveles de Mitofusina -2 en músculo esquelético de pacientes con diabetes mellitus tipo 2 y obesidad, lo que se traduce en alteraciones de unión a receptores de captación de la insulina y su acción directa en las vías metabólicas periféricas. Por lo tanto, podemos concluir, que en la obesidad en la expresión de los receptores de Mfn-1 y 2 están severamente disminuidos, comprometiendo la vía de la mitofagia.

Las mitocondrias dañadas están programadas para la mitofagia, un proceso degradativo que transporta mitocondrias mal estructuradas a los lisosomas para su eliminación. Karenth Rodríguez *et al.*, 2025) Sin embargo, en patologías metabólicas como la obesidad, ocurre un bloqueo de la mitofagia y este puede acumular mitocondrias disfuncionales que inducen a la producción de ROS y un ciclo repetitivo frente a esta exposición de daño mitocondrial y celular, evidenciado en las investigaciones de K.M. Rodríguez, *et al.*, (2024)

Por otro lado los estudios de (Chang *et al.*, (2022) observaron una disminución en la masa y calidad mitocondrial debido a una mitofagia defectuosa puede alterar la biogénesis mitocondrial, y este proceso genera nueva progenie mitocondrial para mantener un número adecuado de estas organelas. Sin embargo, las mitocondrias acumuladas pueden alterar la producción de ATP de la célula, con una disminución y aumento del estrés oxidativo debido a la producción de radicales libres de oxígeno(Sun D. *et al.*, 2022)

Con base en todos estos antecedentes se considera de suma importancia determinar la calidad mitocondrial y el análisis de su dinámica de las mitocondrias y sus redes mitocondriales. Esto permitirá dilucidar el impacto de esta patología sobre el metabolismo mitocondrial celular en condiciones de obesidad y permitirán realizar un aporte al conocimiento de esta patología y su impacto en el funcionamiento orgánico. (Diceglie *et al.*, 2022)

Estudios analizados por De la Torre, *et al.*(2024) sobre la aplicación de la inteligencia artificial en obesidad mostraron las técnicas de Machine Learning y Deep Learning están contribuyendo significativamente en el aumento del conocimiento de la obesidad en medicina, en áreas clave como predicción de riesgos tempranos, personalización de tratamientos, prevención y diagnóstico, análisis de detección de receptores moleculares, que facilitan determinar los riesgos y complicaciones asociados a la obesidad, permitiendo intervenciones

oportunas. También ayudan a personalizar tratamientos, y además como esta puede ser más precisa para caracterizar individuos candidatos a cirugía bariátrica.

En prevención y diagnóstico temprano, los algoritmos han demostrado ser efectivos para detectar tempranamente alteraciones metabólicas como la resistencia a la insulina, permitiendo intervenciones antes de complicaciones como el síndrome metabólico y la diabetes mellitus. Además del análisis de factores biológicos, como el microbioma intestinal en obesidad además de determinar el tipo de farmacoterapia dirigida de acuerdo a las características clínicas y componentes de antecedentes clínicos de paciente y su respuesta al manejo. (Coupland, H., Scheidwasser *et al.,* 2025)

Entre las técnicas de Machine Learning, se destacan Support Vector Machines (Máquinas de Soporte Vectorial, SVM), la LR y el método LASSO, que han sido efectivas en la identificación de factores de riesgo. También se emplearon métodos de ensamblado como Random Forests (Bosques Aleatorios, RF) y XGBoost, que mejoran la precisión de los modelos predictivos. (Clark, C.R., Wilkins *et al.,* 2021)

En Deep Learning, las CNNs (Redes Neuronales Convolucionales, CNN), aunque las Recurrent Neural Networks (Redes Neuronales Recurrentes, RNN) se usaron ampliamente para analizar datos complejos y patrones secuenciales, lo cual es útil en diagnósticos tempranos y personalización de tratamientos. Además, las herramientas de XAI, como SHAP, facilitaron la interpretación de estos modelos complejos, ayudando a los profesionales de la salud a entender mejor los factores de riesgo clave. (Bjerring, J.C., Mainz, *et al.,* 2025).

Los objetivos específicos de esta presente investigación fueron encaminados en el diseño de algoritmos con fines didácticos educativos que faciliten el aprendizaje en biología molecular y medicina, enfermedades metabólicas y así, se encuentren diferencias entre las mitocondrias sanas y mitocondrias dañadas, e identificar las redes mitocondriales integras y las fragmentadas en condiciones metabólicamente patológicas. El presente artículo tiene como finalidad responder a la importancia de integrar herramientas avanzadas en inteligencia artificial en el estudio de la biología molecular y las ciencias biomédicas, especialmente en el campo de la obesidad y enfermedades metabólicas subyacentes, principalmente en la salud mitocondrial, Las mitocondrias

organelas importantes en el metabolismo en condiciones normales, alteraciones en su estructura y función están estrechamente relacionada con patrologías metabólicas, por lo tanto la construcción y utilización de algoritmos de Deep Learning para identificar las mitocondrias sanas de las dañadas, permitirá establecer un análisis con un enfoque experimental centrado en evaluar la estructura y conexiones en redes mitocondriales, y del mismo modo establecer estas diferencias, crear de un diseño especifico con un enfoque centrado en la construcción de algoritmos centrados la identificación y análisis que permita diferenciar entre estructuras mitocondriales sanas y dañadas, y diferencias entre redes mitocondriales sanas integras de las patológicas o fragmentadas en obesidad y poder aplicarlas en el reconocimiento de entornos celulares normales y entorno celulares patológico como en la obesidad y el perfil molecular mitocondrial. (Coupland, H., Scheidwasser. *et al.,* 2025)

La detección y evaluación de redes mitocondriales en obesidad con IA (Inteligencia Artificial) tendrá un alto impacto científico, ya que garantiza que estos algoritmos robustos pueden ser base de datos de entrenamientos y aplicables en la clínica, con eficiencia y precisión al análisis de la estructura, dinámica, recambio y conectividad, función y los mecanismos moleculares y epigenética de las patologías metabólicas, oncogénicas, alto riesgo cardiovascular, en obesidad, este enfoque innovador permitirá avances de la ciencia biomédica, y medicina y tecnológica, usando herramientas de Deep learning que facilitarán intervenciones terapéuticas con uso de IA de manera temprana, con información completa desde el punto de vista clínica y molecular de cada individuo, con el propósito de ofrecer diagnósticos tempranos de detección. (Azmi S, Kunnathodi F, *et al.,* 2025)

Metodología

1.- Diseño del Estudio

Creación de diferentes tipos de algoritmos basados en Deep Learning en obesidad donde se incluyeron algoritmos en inteligencia artificial de almacenamiento, permitió el diseño de una base de datos solida en inteligencia artificial de aprendizaje profundo para el análisis y el mapeo en modelos de obesidad clínica y metabolismo molecular.

2.- Estrategia de búsqueda de bibliografía

Aplicación de Deep Learning y algoritmos de aprendizaje profundo y análisis mitocondrial en metabolismo y obesidad

Autora: Karenth Milena Rodríguez-Córdoba
Artículo: https://doi.org/10.51862/obsknow.n8a7

La búsqueda bibliográfica se realizó en las principales bases de datos como: MEDLINE a través de Ovid, EMBASE, Centro de Registros Cochrane de Ensayos Controlados (CENTRAL), LILACS, PUBMED, los estudios son retrospectivos que incluyan publicaciones desde 2020 hasta 2025, para cada base de datos especifica se construyó una ecuación de búsqueda que incluyo la combinación de palabras clave con tesauros y conectores boléanos, para obesidad, redes, mitocondrias sanas, dañadas, redes neuronales, inteligencia artificial y Deep learning, además se realizó unabúsqueda por medio de otras fuentes: Google Scholar, Clinical Trials.gov, Open Grey, bases de datos de tesis, guías de práctica clínica de obesidad molecular, endocrinología molecular, metabolismo celular, estudios de ingeniería de sistemas en manejo de Deep learning en otras áreas. No se restringió el idioma.

3.- Entrenamiento del modelo:

Para el Diseño de PROMTS se obtuvo los siguientes ítems:

- (avanzado de integración)
- (comparativo 1:1 entre normal y patológico)
- (métodos de análisis).
- (profundización molecular)
- (modelo integrador)

4.- Buscadores de inteligencia artificial

Es un sistema que no solo busca información, sino que comprende, interpreta y genera respuestas utilizando modelos avanzados de lenguaje o algoritmos inteligentes. De los buscadores con IA para el presente modelo de Deep Learning se tuvo en cuenta la creación de PROMTS que permita crear los algoritmos para poder realizar el modelo deseado.

5.- Validación

Para el proceso de validación con Comparación entre salidas del modelo y anotaciones manuales de 2 expertos.

Resultados

1.- Preprocesamiento:

Creación de un algoritmo inicialmente teniendo en cuenta, tipo de modelo inteligencia, en este caso Deep learning, datos de historia clínica completa en obesidad, imágenes de histopatología, laboratorios o estudios imagenológicos y variables dependientes e independientes para el diseño de PROMTS para entrenar el modelo de Deep learning.

Ver Tabla 1, 2, 3 y 4

2.- Algoritmos HTML

Para la aplicación de Deep Learning para el Mapeo y Análisis molecular mitocondrial en Obesidad. Los resultados están encaminados a demostrar los pasos de los algoritmos creados teniendo en cuenta los pasos de creación de PROMTS específicos guiados en base a las variables dependientes e independientes . representados a continuación en las

Ver Figuras 1, 2, 3, 4

Discusión

El aprendizaje profundo Deep Learning y la inteligencia artificial explicable (IA) se aplican cada vez más en entornos educativos, sin embargo, persisten importantes lagunas en la comprensión de su utilidad y sus limitaciones. (Funer, F. *et al.*, 2022)

Los modelos de Deep Learning permiten a través de algoritmos facilitar la compresión y el aprendizaje en los periodos de formación de determinadas disciplinas y así mediante base de datos en sistemas basados en CNN, LSTM y modelos híbridos. Las Herramientas de IA pueden reforzar, con herramientas interactivas que usen datos reales y modelos de predicción, elevando la concienciación sobre el entendimiento de determinados temas como obesidad, en riesgos individuales y comunitarios, que sean accesibles a la población con el objetivo de transformar la percepción social de la obesidad, reduciendo estigmas y promoviendo hábitos saludables. (Coupland, H., Scheidwasser, *et al.*, 2025).

Los conjuntos de datos con los que se entrenan los modelos de aprendizaje profundo son cada vez más grandes; los modelos de aprendizaje profundo se utilizan con mayor frecuencia para la exploración científica, educativa ; modelos comienzan a identificar estructuras causales auténticas y desconocidas en el mundo, Si los modelos de aprendizaje profundo continúan mejorando en precisión y fiabilidad y detectan estructuras en el mundo que escapan a nuestra capacidad de investigación con métodos científicos estándar, o que son prohibitivamente difíciles o costosas de explorar, entonces, en última instancia, podríamos estar mejor confiando más en estos modelos. Zednik reconoce esto cuando escribe, si bien trabajos recientes han enfatizado las ventajas de los sistemas programados mediante aprendizaje automático que aprenden a rastrear relaciones genuinamente causales Wachter *et al.*,(2018), muchos trabajos interesantes también se basan en

correlaciones estadísticas (Zednik, *et al.*(2021).

Por lo tanto no es difícil prever que los algoritmos en educación y en medicina podrían volverse opacos estructuralmente en el futuro. A medida que los conjuntos de datos médicos continúan creciendo exponencialmente en tamaño y complejidad incorporando genómica, proteómica, historiales clínicos electrónicos, datos de imágenes sobre biología molecular e histopatología molecular y monitorización de pacientes en tiempo real y que los modelos de aprendizaje profundo se aplican cada vez más para descubrir patrones dentro de estos vastos conjuntos de datos, es plausible que estos modelos comiencen a detectar estructuras y relaciones biológicas complejas que aún no comprende la ciencia médica. Los algoritmos de aprendizaje no supervisado, en particular, pueden aprender correlaciones y dependencias en marcadores genéticos, vías metabólicas o características sutiles de imágenes que permiten predicciones altamente precisas sobre el riesgo de enfermedad, la progresión o las respuestas al tratamiento. Sin embargo, en tales casos, las correlaciones y dependencias no necesariamente corresponden a ningún mecanismo fisiológico conocido, e incluso a los expertos médicos puede resultarles difícil interpretar las características y relaciones capturadas por los modelos. (Zednik, *et al.*(2021)

Existen desafíos significativos asociados con el uso de algoritmos de aprendizaje profundo en la práctica médica y en la educación. Los profesionales pueden tener dificultades para confiar o explicar las recomendaciones proporcionadas por estos modelos a los pacientes, lo cual es crucial para el consentimiento informado y el mantenimiento de la relación médico-paciente. Además, sin comprender los mecanismos subyacentes, resulta difícil evaluar la validez de las predicciones del modelo en diferentes poblaciones o identificar posibles sesgos en los datos. Esto subraya la importancia de desarrollar nuevos métodos de aplicabilidad siempre que, por supuesto, tengamos razón sobre las limitaciones de las técnicas para interpretar y validar los modelos de aprendizaje profundo, así como para considerar las implicaciones éticas de implementar sistemas de estructura opaca en contextos de toma de decisiones cruciales como la atención médica. Bjerring, J.C., *et al.* (2025)

Conclusiones

1.- La creación de herramientas con inteligencia artificial (IA), en

obesidad, permitirán un enfoque innovador en avances de la ciencia biomédica y ciencias clínicas, usando herramientas de Deep learning que facilitarán en la clínica el abordaje y las intervenciones terapéuticas con uso de IA de manera temprana en patologías de alto riesgo cardiovascular y metabólico endocrino en una medicina de traslacional de precisión.
2.- La integración futura de Deep Learning con datos multimodales (microscopía avanzada, ómicas, metabolómica y fenotipos clínicos) permitirá construir modelos predictivos de riesgo metabólico, donde la morfología mitocondrial actúe como biomarcador temprano de obesidad y enfermedades metabólicas.
3.- Se transita de un análisis descriptivo de la clínica y las ciencias básicas a un modelo computacional funcional en medicina de precisión basada en bioimagen computacional.

Fortalezas

1.- Alta sensibilidad y reproducibilidad , herramienta fácil de usar con el diseño de crear algoritmos que pueden ser empleador en cualquier escenario clínico y molecular con uso de imágenes en salud.
2.- Escalabilidad: Permiten analizar y almacenar imágenes mitocondriales moleculares de estudios histopatológicos, además integrarlos con los datos clínicos del paciente a través de una historia clínica por cada paciente, en una sola base de datos
3.- Interdisciplinariedad robusta: Conecta biología celular, metabolismo, clínica médica, inteligencia artificial y bioinformática.

Bibliografía

1.- Azmi S, Kunnathodi F, Alotaibi HF, Alhazzani W, Mustafa M, Ahmad I, Anvarbatcha R, Lytras MD, Arafat AA. Harnessing Artificial Intelligence in Obesity Research and Management: A Comprehensive Review. Diagnostics (Basel). 2025 Feb 6;15(3):396. doi: 10.3390/diagnostics15030396. PMID: 39941325; PMCID: PMC11816645.
2.- Bjerring, J.C., Mainz, J. & Munch, L. Deep learning models and the limits of explainable artificial intelligence. Asian J. Philos. 4, 22 (2025). https://doi.org/10.1007/s44204-024-00238-8
3.- Chang, X., Lochner, A., Wang, H.H., Wang, S., Zhu, H., Ren, J., Zhou, H., 2021. Coronary microvascular injury in myocardial infarction: perception and knowledge for mitochondrial quality control. Theranostics 11, 6766–6785. https://doi.org/10.7150/THNO.60143
4.- Clark, C.R., Wilkins, C.H., Rodriguez, J.A. et al. Health Care Equity in the Use of Advanced Analytics and Artificial

Intelligence Technologies in Primary Care. J GEN INTERN MED 36, 3188–3193 (2021). https://doi.org/10.1007/s11606-021-06846-x

5.- Coupland, H., Scheidwasser, N., Katsiferis, A. et al. Exploring the potential and limitations of deep learning and explainable AI for longitudinal life course analysis. BMC Public Health 25, 1520 (2025). https://doi.org/10.1186/s12889-025-22705-4

6.- Diceglie, C., Anelli, G.M., Martelli, C., Serati, A., Dico, A. Lo, Lisso, F., Parisi, F., Novielli, C., Paleari, R., Cetin, I., Ottobrini, L., Mandò, C., 2021. Placental Antioxidant Defenses and Autophagy-Related Genes in Maternal Obesity and Gestational Diabetes Mellitus. Nutrients 13. https://doi.org/10.3390/NU13041303

7.- Enfermedades no transmisibles (2023) Who.int. Disponible en: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases (Consultado: el 23 de noviembre de 2024).

8.- Fowden, A.L., Camm, E.J., Sferruzzi-Perri, A.N., 2021. Effects of Maternal Obesity On Placental Phenotype. Curr Vasc Pharmacol 19, 113–131. https://doi.org/10.2174/1570161118666200513115316

9.- Funer, F. Accuracy and Interpretability: Struggling with the Epistemic Foundations of Machine Learning-Generated Medical Information and Their Practical Implications for the Doctor-Patient Relationship. Philos. Technol. 35, 5 (2022). https://doi.org/10.1007/s13347-022-00505-7

10.- Hernández, M.H., Dos Santos, E., Rodriguez, Y., Priou, C., Berveiller, P., Vialard, F., Dieudonné, M.N., 2022. Influence of maternal obesity on human trophoblast differentiation: The role of mitochondrial status. Reprod Biol 22. https://doi.org/10.1016/J.REPBIO.2022.100650

11.- James-Allan, L.B., Teal, S., Powell, T.L., Jansson, T., 2020. Changes in Placental Nutrient Transporter Protein Expression and Activity Across Gestation in Normal and Obese Women. Reprod Sci 27, 1758–1769. https://doi.org/10.1007/S43032-020-00173-Y

12.- Juan, C.A., de la Lastra, J.M.P., Plou, F.J., Pérez-Lebeña, E., 2021. The Chemistry of Reactive Oxygen Species (ROS) Revisited: Outlining Their Role in Biological Macromolecules (DNA, Lipids and Proteins) and Induced Pathologies. Int J Mol Sci 22. https://doi.org/10.3390/IJMS22094642

13.- Juarez-Navarro, K., Ayala-Garcia, V.M., Ruiz-Baca, E., Meneses-Morales, I., Rios-Banuelos, J.L., Lopez-Rodriguez, A., 2020. Assistance for Folding of Disease-Causing Plasma Membrane Proteins. Biomolecules 10. https://doi.org/10.3390/BIOM10050728

14.- Karenth Milena Rodríguez-Córdoba, Sofia Agreda Soto, Jenniffer Alejandra Castellanos Garzón, Maria Carolina Pustovrh-Ramos, Mitochondrial dynamics, biogenesis, mitophagy and oxidative stress in gestational obesity: A review, Endocrine and Metabolic Science, Volume 17, 2025, 100205, ISSN 2666-3961, https://doi.org/10.1016/j.endmts.2024.100205. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666396124000499)
15.- Kelly, A.C., Powell, T.L., Jansson, T., 2020. Placental function in maternal obesity. Clin Sci (Lond) 134, 961–984. https://doi.org/10.1042/CS20190266
16.- Kolac, U.K., Kurek Eken, M., Ünübol, M., Donmez Yalcin, G., Yalcin, A., 2021. The effect of gestational diabetes on the expression of mitochondrial fusion proteins in placental tissue. Placenta 115, 106–114. https://doi.org/10.1016/J.PLACENTA.2021.09.015
17.- Oh, S.J., Jo, C.H., Kim, T.S., Hong, C.Y., Lee, S.L., Kang, Y.H., Rho, G.J., 2023. Sphingosine-1-phosphate Treatment Improves Cryopreservation Efficiency in Human Mesenchymal Stem Cells. Life 13. https://doi.org/10.3390/LIFE13061286
18.- Panorama Regional de la Seguridad Alimentaria y la Nutrición para América Latina y el Caribe (2023) Americas. Disponible en: https://www.fao.org/americas/publicaciones/panorama/es (Consultado: el 23 de noviembre de 2024).
19.- Rodríguez Córdoba KM, Pustovrh MC. La obesidad induce cambios en la morfología mitocondrial e incrementa los residuos de nitrotirosina en la placenta humana. Rev Colomb Endocrinol Diabet Metab. 2024;11(4):e857. https://doi.org/10.53853/encr.11.4.857
20.- Salud, O.M.D. (2002) "Informe sobre la salud en el mundo 2002: reducir los riesgos y promover una vida sana", (WHO/WHR/02.1). Disponible en: https://iris.who.int/handle/10665/67455 (Consultado: el 23 de noviembre de 2024).
21.- Shimura, T., 2023. Mitochondrial Signaling Pathways Associated with DNA Damage Responses. Int J Mol Sci 24. https://doi.org/10.3390/IJMS24076128
22.- Sun, D., Wang, J., Toan, S., Muid, D., Li, R., Chang, X., Zhou, H., 2022. Molecular mechanisms of coronary microvascular endothelial dysfunction in diabetes mellitus: focus on mitochondrial quality surveillance. Angiogenesis 25, 307–329. https://doi.org/10.1007/S10456-022-09835-8

Aplicación de Deep Learning y algoritmos de aprendizaje profundo y análisis mitocondrial en metabolismo y obesidad

Autora: Karenth Milena Rodríguez-Córdoba
Artículo: https://doi.org/10.51862/obsknow.n8a7

Filosofía de la Inteligencia Artificial

Revista Científica Observatorio del Conocimiento
Fundación Observatorios Multidisciplinario para la Construcción del Conocimiento

ISSN: 2619-5518
ISSN-e: 2619-550X
Prefijo DOI: 10.51862/obsknow
Periodicidad: Anual
núm. 8, 2025
URL:
https://www.obsknow.com/revista

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Autora:

Karenth Milena Rodríguez Córdoba
Postdoctorado en Inteligencia Artificial en Educación

Correo electrónico:
karenthrodriguez.85@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4010-2813

Forma sugerida a citar:

Rodríguez-Córdoba, K. (2025). Aplicación de Deep Learning y algoritmos de aprendizaje profundo y análisis mitocondrial en metabolismo y obesidad. Revista Científica Observatorio del Conocimiento, (8), pp. 123-153.

Recibido: Enero 4 de 2026
Aceptado: Abril 16 de 2026

Comentario:

La revista no será responsable de yerros en la forma y fondo del artículo de la doctora Karenth Milena Rodríguez Córdoba

Aplicación de Deep Learning y algoritmos de aprendizaje profundo y análisis mitocondrial en metabolismo y obesidad

Autora: Karenth Milena Rodríguez-Córdoba

Artículo: https://doi.org/10.51862/obsknow.n8a7

Tabla 1 y 2. Modelo para diseño de PROMTS para entrenamiento de modelos de Deep Learning

Agrupación de Variables Mitocondriales, Clínicas y Metabólicas Aplicadas a Obesidad y Análisis Computacional

Este cuadro organiza las variables biológicas, clínicas y técnicas en grupos temáticos relacionados con obesidad, estructura mitocondrial, vías metabólicas y herramientas de detección.

Mostrar/Ocultar Machine Learning | Mostrar/Ocultar Deep Learning

1. Variables clínicas y metabólicas

Variable biológica	Machine Learning (ML)	Deep Learning (DL)	Tipo de dato	Palabras clave / Etiquetas
Obesidad	Usada como variable objetivo en modelos predictivos multivariantes.	Modelos multimodales con imágenes, genética y metabolismo.	Numérico / Clínico	IMC, adiposidad, metabolismo
Resistencia a la insulina	Predicción a partir de biomarcadores y hábitos de vida.	Modelos de redes neuronales sobre datos metabólicos e imagen hepática.	Numérico / Clínico	insulina, glucosa, metabolismo
Síndrome metabólico	Clasificación mediante clustering basado en IMC, glucemia y lípidos.	Integración de datos ómicos y clínicos en arquitecturas profundas.	Numérico / Clínico	síndrome metabólico, riesgo cardiovascular
Enfermedades cardio metabólicas	Predicción de riesgo con regresión logística y SVM.	Modelos DL multimodales combinando ECG e imágenes de tejidos.	Clínico / Imagen	cardiopatía, metabolismo
Enfermedades oncológicas	Asociación entre obesidad y alteración mitocondrial.	Clasificación automática de tejidos tumorales por DL.	Clínico / Histología	oncología, metabolismo, mitocondria
Enfermedades endocrinas	Modelos ML para identificar desbalances hormonales relacionados con obesidad.	Redes neuronales para predicción de disfunción endocrina compleja.	Numérico / Clínico	endocrino, hormona, obesidad
Obesidad gestacional	Predicción de riesgo materno-fetal.	Análisis de imágenes placentarias y biomarcadores mitocondriales.	Clínico / Imagen	gestación, obesidad, metabolismo

2. Estructura y morfología mitocondrial

Variable biológica	Machine Learning (ML)	Deep Learning (DL)	Tipo de dato	Palabras clave / Etiquetas
Mitocondrias sanas	Clasificación binaria con características morfométricas.	Reconocimiento de patrones en imágenes TEM.	Imagen / Categórico	mitocondria normal, energía
Mitocondrias dañadas	Modelos supervisados con etiquetas de daño celular.	Detección automática de alteraciones morfológicas.	Imagen / Categórico	mitocondria dañada, disfunción
Morfología mitocondrial normal	Parámetros de tamaño y forma para clustering morfológico.	CNN para clasificación de morfología.	Imagen / Morfométrico	forma, crestas definidas
Morfología mitocondrial dañada por obesidad	Correlación con IMC y disfunción metabólica.	Detección automática en microscopía electrónica.	Imagen / Clínico	mitocondria, obesidad
Redes mitocondriales normales	Evaluación de conectividad por análisis de grafos.	Segmentación 3D mediante U-Net o ResNet.	Imagen / Morfométrico	red mitocondrial, homeostasis
Redes mitocondriales fragmentadas en obesidad	Regresión lineal con variables metabólicas.	Clasificación automática de fragmentación.	Imagen / Categórico	fragmentación, obesidad

Fuente: elaboración propia

Aplicación de Deep Learning y algoritmos de aprendizaje profundo y análisis mitocondrial en metabolismo y obesidad

Autora: Karenth Milena Rodríguez-Córdoba

Artículo: https://doi.org/10.51862/obsknow.n8a7

Tabla 3 y 4. Modelo para diseño de PROMTS para entrenamiento de modelos de Deep Learning

3. Vías moleculares y metabólicas

Variable biológica	Machine Learning (ML)	Deep Learning (DL)	Tipo de dato	Palabras clave / Etiquetas
Vía de dinámica mitocondrial	Correlación con expresión génica (MFN1, MFN2, OPA1).	Integración de transcriptómica y morfología celular.	Genómico / Imagen	fusión, fisión, MFN2
Mitofusina-2 (Mtf-2)	Predicción de alteraciones funcionales.	Entrada genómica en redes profundas.	Genómico / Proteico	MFN2, dinámica mitocondrial
Vía de mitofagia	Predicción de activación de rutas autofágicas.	Detección de vesículas autofágicas mediante segmentación DL.	Proteómico / Imagen	mitofagia, PINK1, Parkin
Marcador PINK1/Parkin	Variable indicadora de degradación mitocondrial.	Integración en modelos multimodales de imagen y proteómica.	Proteómico / Categórico	PINK1, Parkin, mitofagia
Vía estrés oxidativo	Modelos de regresión con ROS, antioxidantes y daño celular.	DL aplicado a imágenes de oxidación y nitrosación.	Bioquímico / Imagen	ROS, estrés oxidativo
Marcador Nitrotirosina (NT)	Cuantificación mediante ELISA y modelos predictivos.	Cuantificación automática en imágenes de inmunofluorescencia.	Bioquímico / Imagen	NT, nitración, estrés nitrosativo

4. Técnicas de inmunodetección y análisis de laboratorio

Técnica	Machine Learning (ML)	Deep Learning (DL)	Tipo de dato	Palabras clave / Etiquetas
Tejidos humanos	Clasificación por grupo de diagnóstico y estado metabólico.	Segmentación tisular automatizada por CNNs.	Clínico / Histológico	tejido humano, histología
Microscopía electrónica de transmisión (TEM)	Extracción de descriptores morfológicos cuantitativos.	Entrenamiento de CNNs para análisis estructural.	Imagen / Morfología	TEM, morfología mitocondrial
Inmunofluorescencia	Cuantificación de intensidad media por canal.	Segmentación de estructuras y cuantificación automatizada.	Imagen / Fluorescencia	inmunofluorescencia, expresión proteica
Inmunohistoquímica	Modelos ML para clasificación según intensidad de tinción.	Redes neuronales para cuantificación de biomarcadores.	Imagen / Histología	inmunohistoquímica, expresión tisular

Fuente: elaboración propia

Aplicación de Deep Learning y algoritmos de aprendizaje profundo y análisis mitocondrial en metabolismo y obesidad

Autora: Karenth Milena Rodríguez-Córdoba
Artículo: https://doi.org/10.51862/obsknow.n8a7

Figura 1. Modelo de Deep learning de mitocondrias normlales vs dañadas



Fuente: elaboración propia

Algoritmo

CODIGO FUENTE DE ALGORITMO

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="es">
<head>
 <meta charset="UTF-8">
 <title>Mitocondria Normal vs Dañada en Obesidad</title>
 <style>
  body {
   font-family: 'Segoe UI', sans-serif;
   background-color: #f2f7fa;
   margin: 0;
   padding: 30px;
   text-align: center;
  }
```

Aplicación de Deep Learning y algoritmos de aprendizaje profundo y análisis mitocondrial en metabolismo y obesidad

Autora: Karenth Milena Rodríguez-Córdoba
Artículo: https://doi.org/10.51862/obsknow.n8a7

Algoritmo

CODIGO FUENTE DE ALGORITMO

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="es">
<head>
 <meta charset="UTF-8">
 <title>Mitocondria Normal vs Dañada en Obesidad</title>
 <style>
  body {
   font-family: 'Segoe UI', sans-serif;
   background-color: #f2f7fa;
   margin: 0;
   padding: 30px;
   text-align: center;
  }
    h1 {
   color: #003366;
  }

  .button {
   padding: 12px 20px;
   margin: 8px;
   font-size: 16px;
   background-color: #0077b6;
   color: white;
   border: none;
   border-radius: 6px;
   cursor: pointer;
  }

  .button:hover {
   background-color: #00557a;
  }

  #resultado, #respuestaIA {
   margin-top: 30px;
   padding: 20px;
   background-color: white;
   border-radius: 10px;
   max-width: 900px;
   margin-left: auto;
   margin-right: auto;
   text-align: left;
```

Aplicación de Deep Learning y algoritmos de aprendizaje profundo y análisis mitocondrial en metabolismo y obesidad

Autora: Karenth Milena Rodríguez-Córdoba
Artículo: https://doi.org/10.51862/obsknow.n8a7

```
    box-shadow: 0 0 12px rgba(0,0,0,0.1);
  }

  input[type="text"] {
    width: 70%;
    padding: 12px;
    margin-top: 20px;
    border-radius: 8px;
    border: 1px solid #ccc;
  }
 </style>
</head>
<body>

 <h1>🔬 Mitocondria Normal vs Dañada en Obesidad</h1>
 <p>Haz clic en los botones para ver diferencias clave. También puedes hacer tu propia pregunta 👇
</p>

 <div>
  <button class="button" onclick="comparar('estructura')">Estructura</button>
  <button class="button" onclick="comparar('energia')">Producción de Energía</button>
  <button class="button" onclick="comparar('estrés')">Estrés Oxidativo</button>
  <button class="button" onclick="comparar('funcion')">Función Celular</button>
  <button class="button" onclick="comparar('salud')">Impacto en la Salud</button>
 </div>

 <div id="resultado"></div>

 <h2>❓ Haz una pregunta sobre mitocondrias</h2>
 <input type="text" id="preguntaUsuario" placeholder="Ejemplo: ¿Qué pasa con la energía
mitocondrial en la obesidad?">
 <br><br>
 <button class="button" onclick="responderPregunta()">Responder</button>

 <div id="respuestaIA"></div>

 <script>
  function comparar(aspecto) {
    let normal = "", danada = "", diferencia = "";

    if (aspecto === "estructura") {
      normal = "Tiene membranas bien organizadas, crestas definidas y forma ovalada.";
      danada = "Presenta membranas hinchadas, fragmentación y pérdida de crestas.";
      diferencia = "En obesidad, las mitocondrias tienden a deformarse por exceso de nutrientes y
daño celular.";
```

Aplicación de Deep Learning y algoritmos de aprendizaje profundo y análisis mitocondrial en metabolismo y obesidad

Autora: Karenth Milena Rodríguez-Córdoba
Artículo: https://doi.org/10.51862/obsknow.n8a7

```
  } else if (aspecto === "energia") {
      normal = "Produce ATP eficientemente mediante fosforilación oxidativa.";
      danada = "Produce menos ATP y acumula intermediarios metabólicos.";
      diferencia = "La obesidad afecta la bioenergética celular reduciendo la eficiencia mitocondrial.";
    } else if (aspecto === "estrés") {
      normal = "Controla bien los niveles de especies reactivas de oxígeno (ROS).";
      danada = "Genera altos niveles de ROS que causan daño oxidativo.";
      diferencia = "El exceso de lípidos genera estrés oxidativo que daña la mitocondria aún más.";
    } else if (aspecto === "funcion") {
      normal = "Participa en señalización celular, metabolismo y apoptosis regulada.";
      danada = "Altera la señalización, favorece inflamación y apoptosis descontrolada.";
      diferencia = "Las mitocondrias dañadas en obesidad contribuyen a disfunción metabólica e
inflamación crónica.";
    } else if (aspecto === "salud") {
      normal = "Contribuye a la homeostasis y a la prevención de enfermedades metabólicas.";
      danada = "Se asocia a resistencia a la insulina, diabetes tipo 2 y enfermedades
cardiovasculares.";
      diferencia = "El deterioro mitocondrial está directamente relacionado con patologías asociadas
a la obesidad.";
    }
    document.getElementById("resultado").innerHTML = `
      <h2>🧬 Comparación: ${aspecto.toUpperCase()}</h2>
      <p><strong>🔵 Mitocondria Normal:</strong> ${normal}</p>
      <p><strong>🔴 Mitocondria Dañada (Obesidad):</strong> ${danada}</p>
      <p style="color:#003366;"><strong>Diferencia Clave:</strong> ${diferencia}</p>
    `;
  }

  function responderPregunta() {
    const pregunta = document.getElementById("preguntaUsuario").value.toLowerCase();
    let respuesta = "";

    if (pregunta.includes("estructura")) {
      respuesta = "🔬 En obesidad, las mitocondrias suelen perder su forma típica y sus membranas se
deterioran, afectando su función.";
    } else if (pregunta.includes("energía") || pregunta.includes("atp")) {
      respuesta = "⚡ Las mitocondrias dañadas en obesidad producen menos ATP debido a
disfunción en la cadena de transporte de electrones.";
    } else if (pregunta.includes("estrés") || pregunta.includes("ros")) {
      respuesta = "🔥 El estrés oxidativo aumenta en obesidad, y las mitocondrias liberan más
especies reactivas de oxígeno, dañando aún más las células.";
    } else if (pregunta.includes("funcion")) {
      respuesta = "🔁 La disfunción mitocondrial en obesidad altera procesos como la señalización
celular, la inflamación y la apoptosis.";
    } else if (pregunta.includes("obesidad") || pregunta.includes("salud")) {
```

Aplicación de Deep Learning y algoritmos de aprendizaje profundo y análisis mitocondrial en metabolismo y obesidad

Autora: Karenth Milena Rodríguez-Córdoba

Artículo: https://doi.org/10.51862/obsknow.n8a7

```
 respuesta = "🏥 En obesidad, las mitocondrias dañadas están asociadas a enfermedades como diabetes tipo 2, hígado graso y enfermedades cardiovasculares.";
    } else if (pregunta.includes("normal")) {
      respuesta = "🟢 Una mitocondria normal mantiene la producción de energía eficiente, el equilibrio oxidativo y regula funciones celulares vitales.";
    } else {
      respuesta = "🤔 No comprendí tu pregunta. Intenta usar palabras como: estructura, energía, función, estrés oxidativo, obesidad o salud.";
    }

document.getElementById("respuestaIA").innerHTML = `
      <h3>💬 Respuesta del sistema experto:</h3>
      <p>${respuesta}</p>
    `;
  }
 </script>

</body>
</html>
```

Figura 2. Modelo de Deep learning de compaación de mitocondrias normlales vs dañadas



Fuente: elaboración propia

Algoritmo

CODIGO FUENTE DE ALGORITMO

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="es">
<head>
 <meta charset="UTF-8">
 <title>Comparación: Mitocondrias Sanas vs Dañadas</title>
 <style>
  body {
   font-family: 'Segoe UI', Tahoma, Geneva, Verdana, sans-serif;
   margin: 20px;
   background-color: #f9fcff;
  }
  h1 {
   text-align: center;
   color: #003366;
  }
  table {
   width: 100%;
   border-collapse: collapse;
   margin-top: 20px;
   background-color: #ffffff;
   box-shadow: 0 0 10px rgba(0,0,0,0.1);
  }
  th, td {
   padding: 14px;
   border: 1px solid #ccc;
   text-align: left;
   vertical-align: top;
  }
  th {
   background-color: #336699;
   color: white;
  }
  tr:hover {
   background-color: #eef6ff;
  }
  caption {
   caption-side: top;
   font-weight: bold;
   font-size: 18px;
   margin-bottom: 10px;
   color: #333;
  }
```

Autora: Karenth Milena Rodríguez-Córdoba

Artículo: https://doi.org/10.51862/obsknow.n8a7

```
  .sana { color: #2e7d32; font-weight: bold; }
  .danada { color: #c62828; font-weight: bold; }

  .btn-group {
    text-align: center;
    margin: 20px 0;
  }

  button {
    background-color: #336699;
    border: none;
    color: white;
    padding: 10px 20px;
    margin: 0 5px;
    font-size: 14px;
    border-radius: 5px;
    cursor: pointer;
  }

  button:hover {
    background-color: #25496f;
  }
 </style>
</head>
<body>

<h1>Comparación entre <span class="sana">Mitocondrias Sanas</span> y <span
class="danada">Mitocondrias Dañadas</span></h1>

<div class="btn-group">
 <button onclick="toggleColumn(1)">Mostrar/Ocultar Sanas</button>
 <button onclick="toggleColumn(2)">Mostrar/Ocultar Dañadas</button>
</div>

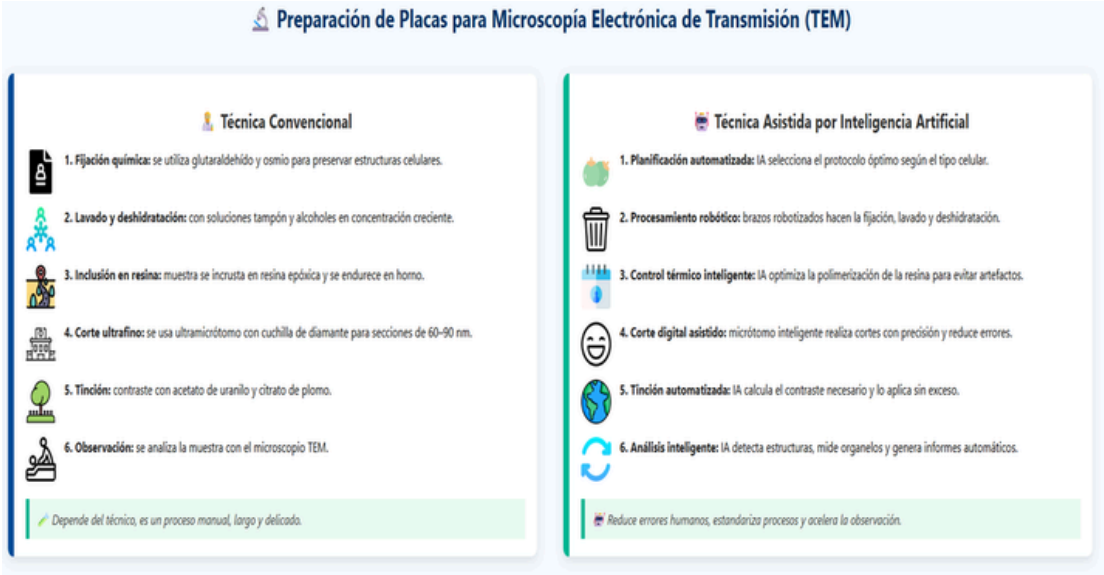
<table id="comparativa">
 <caption>Características funcionales y estructurales</caption>
 <thead>
  <tr>
   <th>Aspecto</th>
   <th class="sana">Mitocondrias Sanas</th>
   <th class="danada">Mitocondrias Dañadas</th>
  </tr>
 </thead>
 <tbody>
  <tr>
```

```
    <td>Estructura</td>
    <td>Membranas intactas, crestas bien definidas y forma ovalada.</td>
    <td>Membranas hinchadas, crestas rotas o ausentes, forma irregular.</td>
   </tr>
   <tr>
    <td>Producción de energía</td>
    <td>Generación eficiente de ATP mediante fosforilación oxidativa.</td>
    <td>Disminución de ATP, aumento de producción de especies reactivas de oxígeno (ROS).</td>
   </tr>
   <tr>
    <td>ADN mitocondrial</td>
    <td>ADN estable, baja tasa de mutación.</td>
    <td>ADN dañado o mutado, posible pérdida de información genética.</td>
   </tr>
   <tr>
    <td>Función celular</td>
    <td>Soporte de funciones celulares normales: metabolismo, señalización, apoptosis regulada.
</td>
    <td>Alteración en la señalización celular, apoptosis desregulada, estrés oxidativo.</td>
   </tr>
   <tr>
    <td>Implicaciones en enfermedades</td>
    <td>Estado saludable, sin vínculo con enfermedades degenerativas.</td>
    <td>Relacionadas con enfermedades como Alzheimer, Parkinson, cáncer y envejecimiento
acelerado.</td>
   </tr>
   <tr>
    <td>Respuesta al daño</td>
    <td>Pueden activarse mecanismos de reparación o eliminarse por mitofagia.</td>
    <td>Acumulación si falla la mitofagia, contribuyendo a la disfunción celular.</td>
   </tr>
  </tbody>
</table>

<script>
 function toggleColumn(colIndex) {
   const table = document.getElementById("comparativa");
   for (let row of table.rows) {
     if (row.cells.length > colIndex) {
       let cell = row.cells[colIndex];
       cell.style.display = (cell.style.display === "none") ? "" : "none";
     }
   }
 }
</script>
```

</body>
</html>

Figura 3. creación de protocolos de laboratorio de biología molecular , protocolo de procesamiento de muestras de microscopia electrónica de transmisión .



Fuente: elaboración propia

Algoritmo

CODIGO FUENTE DE ALGORITMO

```
html>
<html lang="es">
<head>
 <meta charset="UTF-8">
 <title>Preparación TEM: Técnica Convencional vs Inteligencia Artificial</title>
 <style>
  body {
   font-family: 'Segoe UI', sans-serif;
   background-color: #f5faff;
   margin: 0;
   padding: 20px;
  }
```

Aplicación de Deep Learning y algoritmos de aprendizaje profundo y análisis mitocondrial en metabolismo y obesidad

Autora: Karenth Milena Rodríguez-Córdoba

Artículo: https://doi.org/10.51862/obsknow.n8a7

```
h1 {
  text-align: center;
  color: #003366;
  font-size: 28px;
}

.contenedor {
  display: flex;
  flex-wrap: wrap;
  justify-content: space-around;
  margin-top: 30px;
}

.columna {
  flex: 0 0 45%;
  background-color: #ffffff;
  border-radius: 10px;
  padding: 20px;
  margin: 15px;
  box-shadow: 0 4px 12px rgba(0,0,0,0.1);
  border-left: 10px solid;
}

.convencional {
  border-color: #004d99;
}

.ia {
  border-color: #00b894;
}

h2 {
  text-align: center;
  color: #333;
  font-size: 22px;
}

ul {
  list-style-type: none;
  padding: 0;
}

li {
  margin: 15px 0;
```

```
    display: flex;
    align-items: flex-start;
  }

  li img {
    width: 50px;
    height: 50px;
    margin-right: 15px;
    border-radius: 5px;
  }

  .etiqueta {
    font-weight: bold;
    color: #222;
  }

  .diferencia {
    margin-top: 20px;
    background-color: #eafaf1;
    padding: 12px;
    border-left: 6px solid #00b894;
    font-style: italic;
    color: #333;
  }
 </style>
</head>
<body>

<h1>🔬 Preparación de Placas para Microscopía Electrónica de Transmisión (TEM)</h1>

<div class="contenedor">

 <!-- CONVENCIONAL -->
 <div class="columna convencional">
  <h2>👨‍🔬 Técnica Convencional</h2>
  <ul>
   <li>
    <img src="https://cdn-icons-png.flaticon.com/512/2285/2285588.png" alt="fijacion">
    <div><span class="etiqueta">1. Fijación química:</span> se utiliza glutaraldehído y osmio para preservar estructuras celulares.</div>
   </li>
   <li>
    <img src="https://cdn-icons-png.flaticon.com/512/2750/2750686.png" alt="lavado">
    <div><span class="etiqueta">2. Lavado y deshidratación:</span> con soluciones tampón y alcoholes en concentración creciente.</div>
```

Aplicación de Deep Learning y algoritmos de aprendizaje profundo y análisis mitocondrial en metabolismo y obesidad

Autora: Karenth Milena Rodríguez-Córdoba
Artículo: https://doi.org/10.51862/obsknow.n8a7

```
    </li>
    <li>
      <img src="https://cdn-icons-png.flaticon.com/512/3203/3203053.png" alt="inclusion">
      <div><span class="etiqueta">3. Inclusión en resina:</span> muestra se incrusta en resina epóxica y se endurece en horno.</div>
    </li>
    <li>
      <img src="https://cdn-icons-png.flaticon.com/512/2991/2991221.png" alt="corte ultrafino">
      <div><span class="etiqueta">4. Corte ultrafino:</span> se usa ultramicrótomo con cuchilla de diamante para secciones de 60–90 nm.</div>
    </li>
    <li>
      <img src="https://cdn-icons-png.flaticon.com/512/2897/2897250.png" alt="tincion">
      <div><span class="etiqueta">5. Tinción:</span> contraste con acetato de uranilo y citrato de plomo.</div>
    </li>
    <li>
      <img src="https://cdn-icons-png.flaticon.com/512/1422/1422914.png" alt="observacion">
      <div><span class="etiqueta">6. Observación:</span> se analiza la muestra con el microscopio TEM.</div>
    </li>
  </ul>
  <div class="diferencia">🧪 Depende del técnico, es un proceso manual, largo y delicado.</div>
 </div>

 <!-- IA -->
 <div class="columna ia">
  <h2>🤖 Técnica Asistida por Inteligencia Artificial</h2>
  <ul>
    <li>
      <img src="https://cdn-icons-png.flaticon.com/512/4332/4332766.png" alt="planificacion">
      <div><span class="etiqueta">1. Planificación automatizada:</span> IA selecciona el protocolo óptimo según el tipo celular.</div>
    </li>
    <li>
      <img src="https://cdn-icons-png.flaticon.com/512/484/484662.png" alt="robotica">
      <div><span class="etiqueta">2. Procesamiento robótico:</span> brazos robotizados hacen la fijación, lavado y deshidratación.</div>
    </li>
    <li>
      <img src="https://cdn-icons-png.flaticon.com/512/4481/4481474.png" alt="resina">
      <div><span class="etiqueta">3. Control térmico inteligente:</span> IA optimiza la polimerización de la resina para evitar artefactos.</div>
    </li>
    <li>
```

```
    <img src="https://cdn-icons-png.flaticon.com/512/1023/1023656.png" alt="corte digital">
    <div><span class="etiqueta">4. Corte digital asistido:</span> micrótomo inteligente realiza cortes con precisión y reduce errores.</div>
  </li>
  <li>
    <img src="https://cdn-icons-png.flaticon.com/512/2072/2072130.png" alt="deteccion">
    <div><span class="etiqueta">5. Tinción automatizada:</span> IA calcula el contraste necesario y lo aplica sin exceso.</div>
  </li>
  <li>
    <img src="https://cdn-icons-png.flaticon.com/512/3031/3031727.png" alt="analisis">
    <div><span class="etiqueta">6. Análisis inteligente:</span> IA detecta estructuras, mide organelos y genera informes automáticos.</div>
  </li>
 </ul>
 <div class="diferencia">🤖 Reduce errores humanos, estandariza procesos y acelera la observación.</div>
</div>

</div>

</body>
</html>
```

Figura 4. mitocondrias normales y Deep Learning



Fuente: elaboración propia

Aplicación de Deep Learning y algoritmos de aprendizaje profundo y análisis mitocondrial en metabolismo y obesidad

Autora: Karenth Milena Rodríguez-Córdoba
Artículo: https://doi.org/10.51862/obsknow.n8a7

Algoritmo

CODIGO FUENTE DE ALGORITMO

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="es">
<head>
 <meta charset="UTF-8">
 <title>🔬 Taller Interactivo: Mitocondrias y Deep Learning</title>
 <style>
  body {
   font-family: Arial, sans-serif;
   background-color: #eef7fb;
   padding: 20px;
  }
  h1 {
   color: #003366;
   text-align: center;
  }
  .boton {
   padding: 10px 20px;
   margin: 10px;
   background-color: #0077b6;
   color: white;
   border: none;
 border-radius: 6px;
   cursor: pointer;
  }
  .boton:hover {
   background-color: #004f73;
  }
  #contenido {
   margin-top: 30px;
   padding: 20px;
   background-color: white;
   border-radius: 10px;
   box-shadow: 0 0 10px rgba(0,0,0,0.1);
   max-width: 850px;
   margin-left: auto;
   margin-right: auto;
  }
  iframe {
   width: 100%;
   height: 200px;
   border: 1px solid #ccc;
   margin-top: 15px;
```

Aplicación de Deep Learning y algoritmos de aprendizaje profundo y análisis mitocondrial en metabolismo y obesidad

Autora: Karenth Milena Rodríguez-Córdoba
Artículo: https://doi.org/10.51862/obsknow.n8a7

```
  }
  pre {
    background-color: #f0f0f0;
    padding: 10px;
    border-radius: 6px;
    overflow-x: auto;
  }
 </style>
</head>
<body>

 <h1>🔬 Taller Interactivo: Mitocondrias y Deep Learning</h1>

 <div style="text-align: center;">
  <button class="boton" onclick="mostrar('sana')">Mitocondria Sana</button>
  <button class="boton" onclick="mostrar('senescente')">Mitocondria Senescente</button>
  <button class="boton" onclick="mostrar('obesidad')">Mitocondria Dañada (Obesidad)</button>
  <button class="boton" onclick="mostrar('redes')">Redes Mitocondriales</button>
  <button class="boton" onclick="mostrar('deep')">Deep Learning en Biología Molecular</button>
 </div>

 <div id="contenido">
  <p>Haz clic en un botón para ver la explicación, el código HTML y su resultado visual.</p>
 </div>

 <script>
  function mostrar(tipo) {
    let titulo = "";
    let descripcion = "";
    let codigo = "";

    if (tipo === "sana") {
      titulo = "🟢 Mitocondria Sana";
      descripcion = "Estructura y función normales. Produce energía (ATP) eficientemente, regula el
calcio y la apoptosis.";
      codigo = `<div style='background-color: #d4f4dd; padding: 15px; border-left: 8px solid #2e7d32;'>
 <h2 style='color: #2e7d32;'>Mitocondria Sana</h2>
 <p>✅ Alta eficiencia energética<br>✅ Membranas íntegras y crestas bien definidas<br>✅ Baja
producción de especies reactivas de oxígeno (ROS)</p>
</div>`;
    }

    else if (tipo === "senescente") {
      titulo = "🟡 Mitocondria Senescente";
      descripcion = "Mitocondria envejecida: menor eficiencia, aumento de radicales libres, pérdida de
```

Aplicación de Deep Learning y algoritmos de aprendizaje profundo y análisis mitocondrial en metabolismo y obesidad

Autora: Karenth Milena Rodríguez-Córdoba

Artículo: https://doi.org/10.51862/obsknow.n8a7

```
membrana.";
      codigo = `<div style='background-color: #fff8d6; padding: 15px; border-left: 8px solid #b58900;'>
 <h2 style='color: #b58900;'>Mitocondria Senescente</h2>
 <p>⚠️ Reducción de ATP<br>⚠️ Acumulación de daño mitocondrial<br>⚠️ Mayor inflamación
celular</p>
</div>`;
    }

    else if (tipo === "obesidad") {
      titulo = "🔴 Mitocondria Dañada por Obesidad";
      descripcion = "Exceso de lípidos y glucosa daña las mitocondrias. Aumenta el estrés oxidativo,
baja producción de ATP.";
      codigo = `<div style='background-color: #ffe0e0; padding: 15px; border-left: 8px solid #c62828;'>
 <h2 style='color: #c62828;'>Mitocondria Dañada por Obesidad</h2>
 <p>❌ Disfunción energética<br>❌ Elevado estrés oxidativo<br>❌ Asociada a diabetes tipo 2 y
enfermedades metabólicas</p>
</div>`;
    }

    else if (tipo === "redes") {
      titulo = "🔗 Redes Mitocondriales";
      descripcion = "Las mitocondrias no son estáticas. Forman redes dinámicas: se fusionan o dividen
según el estado celular.";
      codigo = `<div style='background-color: #e0f7fa; padding: 15px; border-left: 8px solid #006064;'>
 <h2 style='color: #006064;'>Redes Mitocondriales</h2>
 <p>🔄 Fusión: respuesta a estrés y protección celular<br>🔄 Fisión: facilita replicación o
apoptosis<br>📌 Relevancia en enfermedades neurodegenerativas</p>
</div>`;
    }

    else if (tipo === "deep") {
      titulo = "🤖 Deep Learning en Biología Molecular";
      descripcion = "La IA y redes neuronales profundas permiten detectar patrones en imágenes de
mitocondrias o mutaciones genéticas.";
      codigo = `<div style='background-color: #e3f2fd; padding: 15px; border-left: 8px solid #1565c0;'>
 <h2 style='color: #1565c0;'>Deep Learning en Biología Molecular</h2>
 <p>🧠 Clasificación automática de organelos<br>🧬 Detección de alteraciones celulares<br>📈
Aplicaciones en diagnóstico, predicción y terapias personalizadas</p>
</div>`;
    }
    // Mostrar contenido final
    const contenido = `
      <h2>${titulo}</h2>
      <p><strong>📘 Explicación:</strong> ${descripcion}</p>
      <h3>🔤 Código HTML:</h3>
```

```
    <pre>${codigo.replace(/</g, "&lt;").replace(/>/g, "&gt;")}</pre>
    <h3>✅ Resultado Visual:</h3>
    <iframe sandbox="allow-scripts" srcdoc="${codigo.replace(/"/g, '&quot;')}"></iframe>
  `;

document.getElementById("contenido").innerHTML = contenido;
  }
 </script>

</body>
</html>
```