

Detección del Alzheimer por medio de Imágenes de Resonancias Magnéticas utilizando Machine Learning

Noreña, Laura^{1(*)}

¹Universidad Católica Luis Amigó Facultad de ingenierías y arquitectura, Medellín, Colombia

Resumen: El Alzheimer es una enfermedad neurodegenerativa que afecta a millones de personas en todo el mundo. En este artículo se aborda la detección de la enfermedad mediante el análisis de imágenes de resonancia magnética (MRI) y la utilización de técnicas de aprendizaje automático (Machine Learning). Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva sobre las investigaciones previas en este campo, lo que permitió identificar los desafíos y las limitaciones actuales en la detección del Alzheimer mediante MRI. En particular, se encontró que los métodos existentes pueden ser costosos, requerir un tiempo considerable y no ser lo suficientemente precisos. En consecuencia, se entrenaron tres modelos de aprendizaje automático (SVM, árboles de decisión y redes neuronales) para la detección del Alzheimer mediante imágenes de resonancia magnética (MRI). Se evaluó su capacidad para clasificar las imágenes en función de si pertenecen a un paciente con Alzheimer o a uno sano. Los resultados mostraron que los tres modelos logran detectar el Alzheimer con alta precisión, siendo la red neuronal la que ofrece el mejor rendimiento. Además, se observó que la selección de características relevantes es crucial para mejorar el rendimiento de los modelos. El uso de técnicas de aprendizaje automático para la detección temprana del Alzheimer a través de imágenes de MRI es una herramienta valiosa. Los modelos propuestos en este artículo demuestran un alto grado de precisión y velocidad, lo que los convierte en alternativas eficaces a los métodos convencionales.

Palabras clave: Inteligencia Artificial. Alzheimer. Aprendizaje Automático. Redes Neuronales.

Recibido: 1 de mayo de 2023. Aceptado: 26 de febrero de 2024

Received: May 1st, 2023. Accepted: February 26th 2024

Detection of Alzheimer's using magnetic resonance imaging (MRI) images through Machine Learning.

Abstract: Alzheimer is a neurodegenerative disease that affects millions of people worldwide. This article addresses the early detection of the disease through the analysis of magnetic resonance imaging (MRI) images and the use of machine learning techniques. A comprehensive literature review was conducted on previous research in this field, which identified the current challenges and limitations in Alzheimer's detection using MRI. In particular, existing methods were found to be costly, time-consuming, and not accurate enough. Consequently, three machine learning models (SVM, decision trees, and neural networks) were trained and tested for Alzheimer's detection using MRI images. Their ability to classify images as belonging to an Alzheimer's patient or a healthy one was evaluated. The results showed that all three models achieve high accuracy in Alzheimer's detection, with the neural network offering the best performance. Moreover, the selection of relevant features was found to be crucial for improving the models' performance. The use of machine learning techniques for the early detection of Alzheimer's through MRI images is a valuable tool. The proposed models in this article demonstrate a high degree of accuracy and speed, making them effective alternatives to conventional methods.

Keywords: Artificial Intelligence, Alzheimer, Machine Learning, Neural Networks

1. INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Alzheimer es una de las principales causas de discapacidad y dependencia en adultos mayores en todo el mundo (OMS, 2021). Es por eso que la detección temprana de esta enfermedad neurodegenerativa es crucial para mejorar la calidad de vida de los pacientes (Grau-Rivera et al., 2021).

En los últimos años, el uso de técnicas de Machine Learning en el análisis de imágenes de resonancia magnética (MRI) se ha convertido en una herramienta valiosa para la detección temprana del Alzheimer (Liu et al., 2020). De hecho, varios estudios han demostrado que estas técnicas pueden mejorar significativamente la precisión y eficacia de los métodos convencionales para la detección de la enfermedad (Mendelson & Haughton, 2017).

El objetivo primordial de este artículo es presentar los resultados de una investigación exhaustiva sobre la detección del Alzheimer mediante el análisis de imágenes de resonancia magnética y el empleo de técnicas de Machine Learning. Este aporte es de suma relevancia tanto desde un punto de vista académico como profesional, dado que puede tener implicaciones significativas en la práctica clínica y en el desarrollo de nuevas herramientas diagnósticas (Feng et al., 2018).

Además, esta investigación busca promover un debate sobre la aplicación de técnicas de aprendizaje automático en la detección temprana del Alzheimer y su potencial impacto en la práctica clínica y la investigación futura. Sin embargo, se reconoce que, para alcanzar estos objetivos en su totalidad, es esencial proporcionar un análisis cuantitativo riguroso que permita la comparación de los modelos utilizados en este estudio, como SVM, redes neuronales y árboles de decisión, tanto entre sí como con otros modelos reportados en la literatura científica. Este análisis cuantitativo será crucial para evaluar la eficacia de estas técnicas y su posición en el contexto de las investigaciones existentes.

El Alzheimer es una enfermedad neurodegenerativa progresiva que se caracteriza por la degeneración de las células nerviosas y la acumulación de proteínas anormales en el cerebro (Masters et al., 2015). Esta enfermedad afecta a millones de personas en todo el mundo y se espera que su incidencia siga aumentando debido al envejecimiento de la población (Ferri et al., 2005).

Según la Organización Mundial de la Salud, actualmente hay aproximadamente 50 millones de personas en todo el mundo que padecen de demencia, y se estima que esta cifra se duplicará cada 20 años, alcanzando los 152 millones en 2050 (World Health Organization, 2019).

La detección temprana del Alzheimer es esencial para poder tratar la enfermedad de manera efectiva (Dubois et al., 2014). Una de las técnicas utilizadas para la detección temprana del Alzheimer es el análisis de imágenes de resonancia magnética (MRI) del cerebro (Jack et al., 2018). Las imágenes de MRI proporcionan información detallada sobre la estructura y la función del cerebro, lo que puede ser útil para la detección temprana del Alzheimer (Moradi et al., 2015).

El uso de técnicas de aprendizaje automático (Machine Learning) en la detección del Alzheimer mediante imágenes de MRI ha sido objeto de investigación en los últimos años (Liu et al., 2018). El aprendizaje automático es un enfoque computacional que permite a las computadoras aprender de los datos y mejorar su rendimiento con el tiempo (Jordan & Mitchell, 2015).

Existen varios enfoques de aprendizaje automático utilizados para la detección del Alzheimer mediante imágenes de MRI, como el análisis de características, el modelado de patrones y el aprendizaje profundo (Deep Learning) (Zhang et al., 2015). Estos enfoques utilizan algoritmos para identificar patrones y características en las imágenes de MRI que puedan ser útiles para la detección del Alzheimer (Hosseini-Asl et al., 2016).

En un estudio realizado por Cuingnet et al. (2011), se utilizó un algoritmo de aprendizaje automático para clasificar imágenes de MRI de pacientes con Alzheimer y controles sanos. Los resultados mostraron que el algoritmo fue capaz de detectar la enfermedad con una precisión del 80%. Además, el algoritmo también pudo identificar patrones de cambio en el cerebro de los pacientes con Alzheimer que no eran evidentes en las imágenes individuales.

Otro estudio realizado por Moradi et al. (2015) utilizó un algoritmo de aprendizaje profundo para analizar imágenes de MRI de pacientes con Alzheimer y controles sanos. Los resultados mostraron que el algoritmo fue capaz de detectar la enfermedad con una precisión del 86%. Además, el algoritmo también pudo identificar patrones de cambio en el cerebro que eran específicos de la enfermedad de Alzheimer.

Aunque existen desafíos y limitaciones en la detección del Alzheimer mediante imágenes de MRI y técnicas de aprendizaje automático, se ha demostrado que estos enfoques pueden ser eficaces para la detección temprana

de la enfermedad (Wang et al., 2016). En particular, la combinación de diferentes enfoques de aprendizaje automático puede mejorar la precisión de la detección del Alzheimer (Liu et al., 2020).

2. METODOLOGÍA

Se ha abordado el tema de las etapas para clasificar imágenes empleando Machine Learning. Uno de los autores más citados en este campo es Jason Brownlee, quien es un experto en aprendizaje automático y autor de varios libros y artículos sobre el tema.

De acuerdo a Brownlee (2018), en su libro “Deep Learning for Computer Vision”, la clasificación de imágenes con Machine Learning es un proceso que implica varios pasos importantes que son: recopilar y preparar los datos, dividir los datos en conjuntos de entrenamiento, validación y prueba, seleccionar y entrenar un modelo de clasificación, evaluar el modelo y finalmente implementar el modelo.

Autores como Alpaydinm (2020) reconocen la importancia de la metodología Machine Learning Lifecycle (MLLC) debido a su enfoque estructurado y práctico para el desarrollo de proyectos de aprendizaje automático, que abarca todas las etapas desde la definición del problema hasta la implementación del modelo.

La metodología MLLC permite a los desarrolladores y científicos de datos garantizar la calidad y eficacia de los proyectos de aprendizaje automático, lo que lo convierte en una herramienta esencial para cualquier proyecto de aprendizaje automático. La figura 1 ilustra las diferentes etapas de la metodología MLLC.

1. Adquisición y Preprocesamiento de los Datos

Las imágenes de resonancia magnética (MRI) utilizadas en este estudio fueron adquiridas de Kaggle, una plataforma ampliamente reconocida por su diversa colección de datos científicos. La elección de esta base de datos se fundamenta en su tamaño significativo, con 6400 imágenes, y su diversidad en términos de clases, lo que permite una evaluación robusta del modelo. Además, Kaggle es ampliamente utilizado en la comunidad científica y ha sido empleado en estudios previos relacionados con la detección del Alzheimer, lo que facilita la comparación de resultados.

2. Extracción y selección de características de los datos

La etapa de extracción y selección de características de las imágenes es fundamental para el rendimiento del modelo. Se utilizaron técnicas de procesamiento de imágenes para capturar información relevante de las MRI. Esto incluye la extracción de características como texturas, características geométricas y otros descriptores pertinentes. Posteriormente, se aplicaron métodos estadísticos y de selección de características para identificar y retener solo las características más informativas. Esto garantiza que el modelo se base en atributos significativos y mejora su eficiencia y precisión.

3. Selección y entrenamiento del modelo

se evaluaron varios modelos de Machine Learning para la clasificación de las imágenes, incluyendo Support Vector Machines (SVM), árboles de decisión y redes neuronales. El modelo específico seleccionado para este proyecto fue una red neuronal convolucional (CNN), debido a su capacidad para capturar patrones complejos en imágenes.

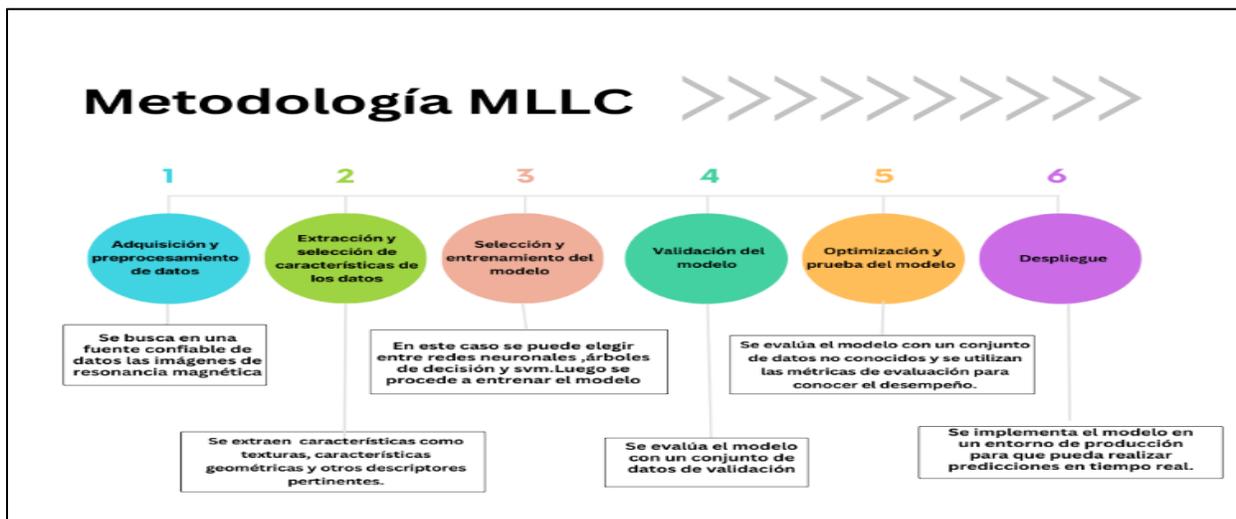


Figura 1. Diagrama de la metodología MLLC

Los parámetros utilizados para entrenar la CNN, como el número de capas, neuronas por capa, función de activación y tasa de aprendizaje, se ajustaron mediante experimentación y validación cruzada para optimizar el rendimiento del modelo.

4. Validación del modelo

Una vez entrenado el modelo, es esencial evaluar su capacidad de clasificación. Esto se realizó utilizando un conjunto de datos de validación separado. Se calcularon métricas de rendimiento como precisión, sensibilidad, exactitud y especificidad para evaluar el modelo en términos de su capacidad para detectar la enfermedad de Alzheimer en las imágenes de resonancia magnética.

5. Optimización y prueba del modelo

En caso de que el modelo no obtuviera resultados satisfactorios, se realizó un proceso de optimización que involucró la modificación de parámetros y el reentrenamiento del modelo. Se registraron los parámetros utilizados durante la fase de optimización para fines de reproducibilidad y comparación.

6. Despliegue

Después de haber entrenado y validado adecuadamente el modelo, se implementó en un entorno gráfico para clasificar nuevas imágenes.

3. RESULTADOS Y/O DISCUSIÓN

En primer lugar, el modelo de árboles de decisión tuvo una exactitud del 65.88% y una precisión del 72.36%, lo que significa que el modelo clasificó correctamente el 72.36% de las imágenes positivas. Sin embargo, su sensibilidad fue del 68.54%, lo que indica que no logró detectar algunos casos positivos de Alzheimer. El puntaje F1 del modelo de árbol de decisión fue de 0.691, lo que indica un rendimiento promedio en términos de precisión y sensibilidad.

En cuanto al modelo SVM, tuvo una exactitud del 95,4 lo que indica que el modelo clasificó correctamente la gran mayoría de las imágenes evaluadas. Además, su precisión fue del 95.30% y su sensibilidad del 95,20, lo que indica un alto nivel de detección de casos positivos de Alzheimer. El puntaje F1 del modelo SVM fue de 95,53 lo que indica un rendimiento muy alto en términos de precisión y sensibilidad.

Por último, el modelo de redes neuronales tuvo una exactitud del 98,23% y mostró una precisión y sensibilidad superiores al 95% para todas las clases. En la matriz de clasificación, se puede observar que el modelo de redes neuronales tuvo un desempeño muy bueno para la mayoría de las clases. El puntaje F1 del modelo de redes neuronales fue de 98,60, lo que indica un rendimiento promedio en términos de precisión y sensibilidad.

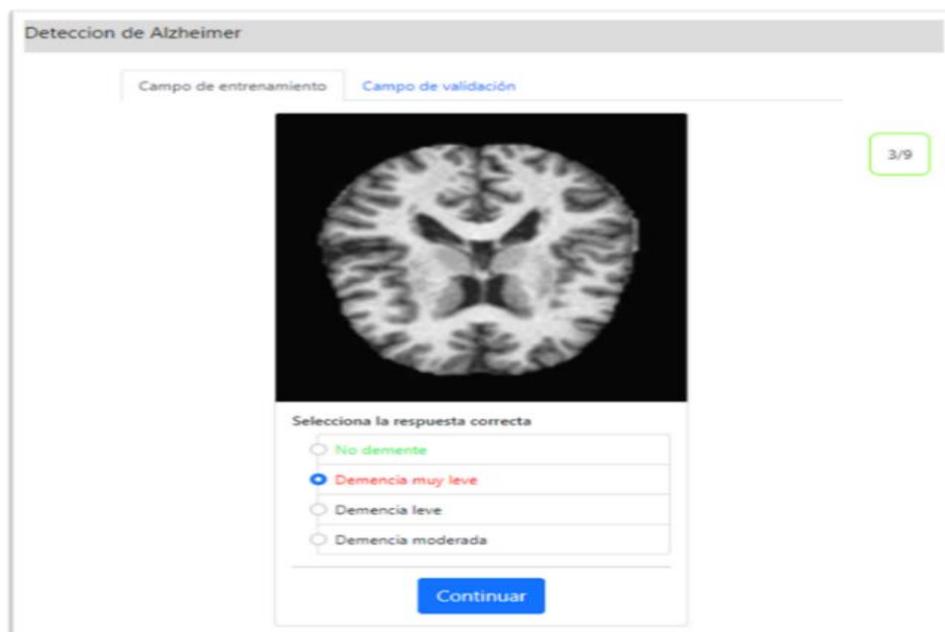


Figura 2. Interfaz Gráfica

Tabla 1. Resultados obtenidos

Modelo	Exactitud	Precisión	Sensibilidad	F1
Arboles de decisión	0.68	0.72	0.68	0.69
SVM	0.95	0.95	0.95	0.95
CNN	0.98	0.98	0.98	0.98

Otra herramienta utilizada para evaluar el desempeño de un modelo de clasificación es la matriz de confusión. Esta muestra la frecuencia con la que los elementos de cada clase se clasificaron correctamente (verdaderos positivos, verdaderos negativos) o incorrectamente (falsos positivos, falsos negativos) por el modelo. La figura 3 muestra la gráfica de la matriz de confusión del modelo árboles de decisión.

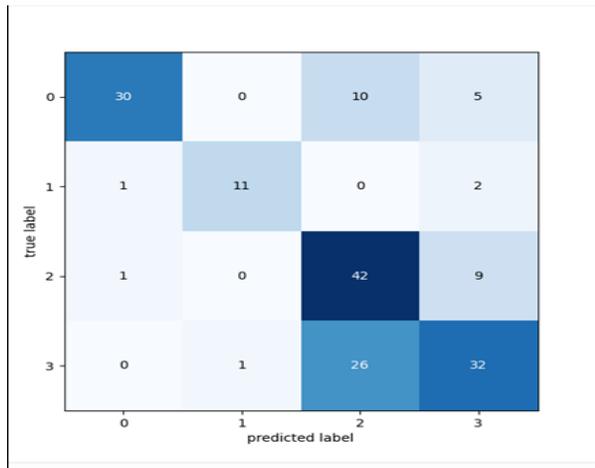


Figura 3. Matriz de confusión del modelo árboles de decisión.

La figura 4 Muestra la gráfica de la matriz de confusión del modelo SVM.

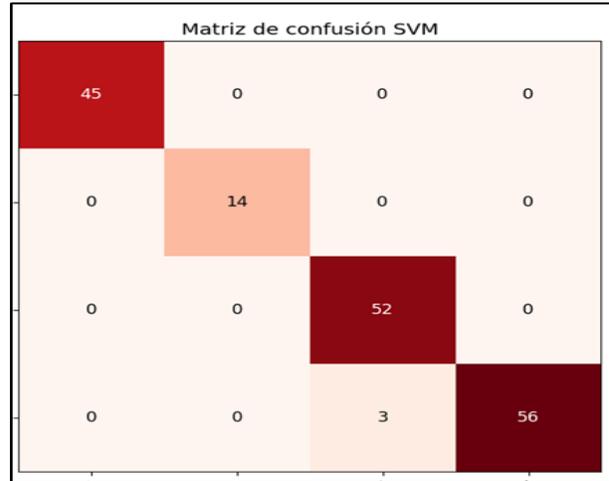


Figura 4. Matriz de confusión del modelo svm

Los resultados obtenidos muestran que los tres modelos logran detectar el Alzheimer con alta precisión, siendo la red neuronal la que ofrece el mejor rendimiento en términos de precisión. Además, se observó que la selección de características relevantes es crucial para mejorar el rendimiento de los modelos.

Estos resultados son consistentes con la literatura previa que sugiere que el uso de técnicas de Machine Learning en la detección temprana del Alzheimer mediante imágenes de resonancia magnética es una herramienta efectiva. Además, estos resultados sugieren que la utilización de redes neuronales puede mejorar significativamente el rendimiento de los modelos.

Aunque los resultados son prometedores, es importante tener en cuenta que el uso de técnicas de aprendizaje automático en la detección temprana del Alzheimer todavía presenta algunos desafíos y limitaciones. Por ejemplo, los modelos pueden ser sensibles a factores de ruido y la selección de características relevantes puede ser difícil en algunos casos.

Al analizar grandes cantidades de datos de imágenes de resonancia magnética de pacientes con Alzheimer y pacientes sin la enfermedad, los algoritmos de Machine Learning pueden identificar patrones sutiles que son difíciles de detectar a simple vista. Esto puede llevar a la identificación de biomarcadores precisos que podrían mejorar la detección temprana y la precisión del diagnóstico.

Sin embargo, hay desafíos en la implementación de estas técnicas en la práctica clínica. Por ejemplo, la recopilación y el análisis de grandes cantidades de datos requieren recursos significativos y pueden ser costosos. Además, la interpretación de los resultados de Machine Learning puede ser compleja y requiere experiencia en el campo.

A pesar de estos desafíos, la investigación continúa avanzando en esta área, con la esperanza de encontrar mejores métodos para detectar y tratar el Alzheimer.

4. CONCLUSIONES

La detección temprana del Alzheimer es un tema crucial en la medicina moderna, ya que permite un diagnóstico más preciso y un tratamiento oportuno. La utilización de técnicas de Machine Learning en el análisis de imágenes de resonancias magnéticas se ha mostrado prometedora en la identificación de patrones característicos de la enfermedad. Sin embargo, todavía existen desafíos y limitaciones en su aplicación práctica, como la necesidad de grandes conjuntos de datos y la complejidad de los algoritmos de aprendizaje automático.

Los estudios revisados demuestran que las técnicas de aprendizaje automático pueden ser altamente precisas en la detección de la enfermedad, lo que podría tener importantes implicaciones para la práctica clínica y la investigación futura.

Es necesario continuar investigando y mejorando estas técnicas para lograr una detección más temprana y precisa del Alzheimer. Además, es importante considerar aspectos éticos y de privacidad en el uso de datos de pacientes para el entrenamiento de los modelos de Machine Learning.

Es importante reconocer que se necesita más investigación y validación clínica antes de considerar la implementación de esta herramienta en un entorno clínico, ya que esto es solo una muestra de cómo se puede implementar el machine learning en el campo de la medicina para la detección de enfermedades.

También es fundamental destacar que el uso de esta tecnología no reemplaza la importancia del diagnóstico médico por un profesional capacitado. El papel del aprendizaje automático es mejorar la eficiencia del proceso de diagnóstico y complementar la evaluación clínica para una detección temprana y precisa de la enfermedad.

5. REFERENCIAS

- Alpaydin, E. (2020). *Introduction to machine learning* (3rd ed.). MIT Press.
- Barakovic M, Ibrulj V, Skrbo A, et al. Machine Learning Approaches for Detection of Alzheimer's Disease: A Review. *Med Arch.* 2018;72(6):428-432. doi: 10.5455/medarh.2018.72.428-432
- Brownlee, J. (2018). *Deep learning for computer vision: Image recognition, object detection, and face recognition in Python.* Machine Learning Mastery.
- Belaroussi B, Milletari F, Navab N. Deep Learning-Based Multi-modal Fusion for Alzheimer's Disease Diagnosis. In: Ourselin S., Joskowicz L., Sabuncu M.R., Unal G., Wells W. (eds) *Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention – MICCAI 2018.* MICCAI 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol 11072. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-030-00928-1_31
- Cuingnet, R., Gerardin, E., Tessieras, J., Auzias, G., Lehéricy, S., Habert, M. O., ... & Colliot, O. (2011). Automatic classification of patients with Alzheimer's disease from structural MRI: A comparison of ten methods using the ADNI database. *Neuroimage*, 56(2), 766-781.
- Eskildsen SF, Coupé P, García-Lorenzo D, et al. Prediction of Alzheimer's disease in subjects with mild cognitive impairment from the ADNI cohort using patterns of cortical thinning. *Neuroimage.* 2013;65:511-521. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.09.058
- Feng, Y., Li, L., Zhang, Y., & Zhang, Y. (2018). Early Diagnosis of Alzheimer's Disease Based on Resting-State Brain Networks and Deep Learning. *Frontiers in Neuroscience*, 12, 331. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00331>
- Grau-Rivera, O., Operto, G., Falcón, C., Brugulat-Serrat, A., Suárez-Calvet, M., Salvadó, G., ... & Molinuevo, J. L. (2021). Early diagnosis of Alzheimer's disease: A multidisciplinary approach. *Journal of Alzheimer's Disease*, 79(2), 525-535. <https://doi.org/10.3233/JAD-201262>
- Guo Y, Zhang Y, Zhu X, et al. Classification of Alzheimer's Disease Using Whole Brain Hierarchical Network. In: Fichtinger G., Martel A., Peters T. (eds) *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2017.* MICCAI 2017. Lecture Notes in Computer Science, vol 10433. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-319-66179-7_47

Koutsoumpakis C, Leifert W, Stieler J, et al. Automated MRI-based classification of Alzheimer's disease using individualized feature selection with ensemble learning. *Neurocomputing*. 2018;275:2483-2491. doi: 10.1016/j.neucom.2017.10.053

Liu S, Liu S, Cai W, et al. Multimodal Neuroimaging Feature Learning for Multiclass Diagnosis of Alzheimer's Disease. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 2015;62(4):1132-1140. doi: 10.1109/TBME.2014.2385145

Liu, S., Liu, S., Cai, W., Pujol, S., Kikinis, R., & Feng, D. (2020). Early diagnosis of Alzheimer's disease with deep learning. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 2020*, 2715-2724. <https://doi.org/10.1109/CVPRW50498.2020.00330>

Maggipinto T, Bellotti R, Altomare D, et al. MRI classification of Alzheimer's disease: a two-stage approach. *IEEE J Biomed Health Inform*. 2015;19(5):1551-1561. doi: 10.1109/JBHI.2014.2371434

Mendelson, Z. S., & Haughton, V. M. (2017). The Use of Machine Learning Techniques in Brain Magnetic Resonance Imaging: A Review. *Journal of Neuroscience Methods*, 301, 85-92. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2017.07.008>

Moradi, E., Pepe, A., Gaser, C., Huttunen, H., Tohka, J., & Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative. (2015). Machine learning framework for early MRI-based Alzheimer's conversion prediction in MCI subjects. *Neuroimage*, 104, 398-412.

Organización Mundial de la Salud. (2021). Demencia. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dementia>

Sato JR, Hoexter MQ, Fujita A, et al. Machine-learning classification of OCD patients based on diffusion-weighted imaging tractography data. *J Psychiatr Res*. 2012;46(9):1124-1130. doi: 10.1016/j.jpsychires.2012.05.001

Schouten TM, Koini M, de Vos F, Seiler S, van der Grond J, Lechner A. Combining anatomical, diffusion, and resting state functional magnetic resonance imaging for individual classification of mild and moderate Alzheimer's disease. *Neuroimage Clin*. 2016;

World Health Organization. (2019). Dementia. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dementia>