

# **Aprendizaje automático para detección de problemas cognitivos: una revisión de la literatura**

## ***(Machine Learning for detection of cognitive problems: a review of the literature)***

Guillermo Rodríguez<sup>1</sup> & Valeria Díaz<sup>2</sup>

### **Resumen**

La detección de problemas cognitivos, especialmente en las primeras etapas es crítico y el método con el cual se diagnostica es manual y depende de uno o varios médicos especialistas para diagnosticarse. A la medida que el deterioro cognitivo escala entra en la primera etapa de demencia por ejemplo, la enfermedad de Alzheimer (EA). Las primeras etapas de la EA son muy similares al Deterioro Cognitivo Leve, por esto es fundamental poder identificar los posibles factores asociados con la enfermedad. El objetivo de esta investigación es demostrar que modelos automatizados pueden diferenciar y clasificar el Deterioro Cognitivo Leve (DCL) y la enfermedad de EA.

Para esta investigación se utilizó una metodología de relevamiento donde se realiza un estudio de alrededor de 30 investigaciones donde exponen que los algoritmos de Machine Learning (ML) sirven de soporte al médico especialista para determinar si una persona tiene o no Alzheimer o algún tipo de demencia relacionada.

Los algoritmos utilizados para la clasificación de problemas cognitivos y personas sanas (control) fueron: máquinas de soporte a la decisión (SVM), redes neuronales (RN), Árboles de Decisión (DT), y Naïve Bayes (NB).

Según los hallazgos encontrados los algoritmos más utilizados para la clasificación son: SVM y Redes Neuronales, pero el algoritmo que tuvo mejor precisión fue NB.

---

<sup>1</sup> ISISTAN (UNICEN-CONICET). exarodriguez@gmail.com

<sup>2</sup> Universidad de Palermo. airelavdiaz@gmail.com

## Abstract

The detection of cognitive problems, especially in the early stages, is critical and the method by which it is diagnosed is manual and depends on one or more specialist doctors to diagnose itself. As the cognitive decline escalates into the early stage of dementia eg Alzheimer's disease (AD). The early stages of AD are very similar to Mild Cognitive Impairment, so it is essential to be able to identify the possible factors associated with the disease. The objective of this research is to demonstrate that automated models can differentiate and classify Mild Cognitive Impairment (MCI) and AD disease.

For this research, a survey methodology was used where a study of around 30 investigations is carried out where they show that Machine Learning (ML) algorithms serve as support to the specialist doctor to determine whether or not a person has Alzheimer's or some type of dementia related.

The algorithms used for the classification of cognitive problems and healthy people (control) were: decision support machines (SVM), neural networks (RN), Decision Trees (DT), and Naïve Bayes (NB).

According to the findings, the most used algorithms for classification are: SVM and Neural Networks, but the algorithm that had the best precision was NB.

## I. Introducción

A medida que envejecemos nuestro cuerpo va reflejando cambios en el funcionamiento del cerebro y con el tiempo estos cambios van afectando nuestras actividades diarias. Como parte del proceso de envejecimiento se comienzan a deteriorar componentes cerebrales generando trastornos cognitivos como la Demencia que afecta: la memoria, el pensamiento, la orientación, la comprensión, el cálculo, la capacidad de aprendizaje, el lenguaje y el juicio. La investigación está enfocada en el estudio del diagnóstico de problemas cognitivos, la enfermedad de Alzheimer y otros tipos de demencia relacionadas. Actualmente la EA es la sexta causa de muerte en los Estados Unidos y se espera que para el 2050 las personas de 65 años con EA aumenten a 13.8 billones. Se pronostica que en los próximos 20 años el número de personas con demencia aumente 40% en Europa, el 63% en Norteamérica, el 77% en el cono sur de Latinoamérica (por ejemplo, en Argentina y Chile) y el 89% en los países desarrollados Asia Pacífico (Informe ADI/Bupa, 2013).

La Asociación de Alzheimer define la enfermedad como: un tipo de demencia que causa problemas con la memoria, el pensamiento y el comportamiento. Los síntomas generalmente se desarrollan lentamente y empeoran con el tiempo, hasta que son tan graves que interfieren con las tareas cotidianas (*Diagnóstico Del Alzheimer | Español | Alzheimer's Association*, n.d.). La EA se compone de 3 etapas principales: temprana, moderada y severa de las cuales todos los que la padecen pasan por estas etapas de forma diferente. Los síntomas de la etapa temprana son muy parecidos a el proceso normal de envejecimiento, es por esta razón que es fundamental lograr diferenciar entre el envejecimiento con la etapa temprana de EA (Mayo Clinic, n.d.-b). *Los algoritmos de aprendizaje automático ofrecen un método alternativo para la detección que puede proporcionar un proceso automatizado y valioso conocimiento para el diagnóstico y clasificación de enfermedades cognitivas. No hay una sola evaluación que determine que una persona tiene Alzheimer, los médicos especialistas pueden determinar si una persona tiene demencia pero les resulta difícil determinar la causa precisa (Wang & Liu, 2019).*

Este artículo se divide en 5 secciones, la segunda sección expone la metodología de la investigación realizada. La segunda sección es una compilación de las investigaciones estudiadas que más se ajustan a la propuesta de investigación utilizando diferentes tipos de algoritmos de Machine Learning (ML) como: las Redes Neuronales para el diagnóstico de la Enfermedad Alzheimer (EA). En esta sección se explican los métodos del diagnóstico para problemas cognitivos y Alzheimer. Como también se exponen diferentes hallazgos de las diversas investigaciones relacionadas con la clasificación entre el deterioro cognitivo leve (DCL), demencia y Alzheimer utilizando diferentes métodos del diagnóstico y el análisis de pruebas que se aplican al diagnóstico.

## II: Metodología de Investigación

Durante años numerosos investigadores han estudiado las diferentes causas que provocan la demencia y otras enfermedades asociadas a la pérdida de la memoria como por ejemplo, la conocida enfermedad neurodegenerativa Alzheimer. Investigadores clínicos han explorado diferentes métodos para el diagnóstico del Deterioro Cognitivo Leve (DCL), con el motivo de explorar nuevas herramientas utilizando tecnologías para que los médicos puedan ser más precisos en ofrecer un diagnóstico seguro a las personas con problemas cognitivos o a personas que se encuentran en las primeras etapas del Alzheimer aún cuando los síntomas son muy leves (Donoso et al., 2001).

El objetivo de esta investigación es demostrar que los algoritmos de ML sirven como una herramienta de soporte para ofrecer un diagnóstico más preciso. Para esto se desarrolló una revisión sistemática de literatura utilizando una metodología de relevamiento donde se utilizó la técnica de materiales escritos para el análisis de los diferentes tipos de algoritmos aplicados al diagnóstico de enfermedades cognitivas. Para la selección de los artículos se realizó una búsqueda rápida en las plataformas: GoogleScholar, PubMed, Frontiers in Neuroscience, BMC Bioinformatics. De un total de 30 artículos relevantes encontrados se utilizó una muestra de 9 para la revisión de literatura. Para la búsqueda de los artículos se utilizaron las siguientes palabras claves: Alzheimer, Deterioro Cognitivo Leve, Machine Learning, Demencia. Para la selección de la muestra se evaluó la sección de métodos utilizados para la investigación y descartó todo aquel que no incluyera algún algoritmo de Machine Learning.

Las enfermedades neurodegenerativas son enfermedades incurables y debilitantes que producen la degeneración progresiva y/o la muerte de las neuronas. La EA es considerada como una alteración neurodegenerativa que suele aparecer con la edad avanzada. La EA es un tipo de demencia que causa problemas con la memoria, el pensamiento y el comportamiento. Los síntomas generalmente se desarrollan lentamente y empeoran con el tiempo, hasta que son tan graves que interfieren con las tareas cotidianas (Alzheimer's Association, 2020). Para el año 2019, las estadísticas informan que en los Estados Unidos (EU) 1 de cada 10 personas con 65 años padece de EA y, 1 de cada 3 personas con 85 años tienen Alzheimer. Esta enfermedad es considerada la sexta causa de muerte mayor en los EU (Alzhe, 2019). Cada día esta enfermedad afecta a más personas, por más investigaciones que se han hecho a través de los años sobre el diagnóstico de enfermedades neurodegenerativas, aún es difícil ofrecer uno seguro (Herrera-Rivero et al., 2010). Esto afecta la calidad de vida de la persona, sobretodo de los cuidadores que se encargan de la atención al paciente (Alzheimer's Association, 2020).

Los avances tecnológicos han permitido a los investigadores de esta causa examinar las diferentes probabilidades de poder automatizar algunos procesos del diagnóstico temprano utilizando diferentes tipos de algoritmos de ML e Inteligencia Artificial. Estas tecnologías tienen la capacidad de una máquina para aprender de experiencias sin ser programadas, así como los seres humanos. Las máquinas de soporte a la decisión conocida por sus siglas en inglés como SVM (Support Vector Machine) comparten el proceso de aprendizaje por el cual pasa el ser humano para desarrollarse (Nevala, 2017). Este proceso consta en aprender de una colección de datos o detección de patrones aplicando reglas como: categorizar, predecir resultados o acciones basadas en patrones identificados, identificar patrones o relaciones no conocidas y detectar comportamientos no esperados. A la computadora se le introduce data y con los diferentes patrones de aprendizaje (algoritmos) va mejorando los resultados. A medida que estos resultados van mejorando, la computadora va desarrollando más inteligencia. Este aprendizaje es soportado por datos o experiencias. “La computadora no es capaz de aprender por si sola y tampoco sacar conclusiones sin fundamentos” (Nevala, 2017).

El resultado que muestra la máquina de análisis depende de los datos o de los casos que se le presentan, si se alteran los datos el resultado final cambia. Utilizando diferentes tipos de algoritmos de ML se busca optimizar las actividades para el diagnóstico y que sirva como herramienta de soporte para el médico clínico capacitado, la computadora no dará un resultado que no haya ocurrido.

Algunos métodos utilizados para el diagnóstico de problemas cognitivos son:

- Exámenes neurológicos: como parte del examen físico el médico hará pruebas básicas que indican el nivel de funcionamiento cerebral y el sistema nervioso. En esta prueba se pueden evaluar los reflejos, movimientos oculares, la capacidad para caminar y el equilibrio (Mayo Clinic, n.d.-a).
- Estudio del cerebro por medio de imágenes como: imágenes por resonancia magnética MRI, tomografías computadorizadas, y tomografías por emisión de positrones PET, entre otras (Mayo Clinic, n.d.-a).
- Análisis del estado mental: pruebas como el Mini-Mental State Examination MMSE (Mayo Clinic, n.d.-a).

En la próxima sección se exponen las diferentes investigaciones estudiadas que analizan los diferentes patrones de cambio en el cerebro por medio de pruebas manuales y pruebas realizadas utilizando como herramienta la tecnología. En cada experimento los investigadores van explorando el comportamiento de diferentes tipos de algoritmos de ML, con el fin de encontrar nuevas posibilidades para el diagnóstico de enfermedades cognitivas como el Alzheimer.

## II-A: Implementación de Machine Learning para la clasificación de personas con Alzheimer utilizando los resultados de la Técnica “Cookie-Theft”

En el documento de investigación *“Predicting probable Alzheimer’s disease using linguistic deficits and biomarkers”* (Sylvester O. Orimaye et al., 2017) realizaron una investigación sobre el diagnóstico de la EA utilizando déficits lingüísticos y métodos de ML. El estudio hace referencia a que los desórdenes lingüísticos son identificados utilizando un diagnóstico clínico específico y pruebas neuropsicológicas. Los investigadores utilizaron algoritmos de ML para identificar características lingüísticas de bajo nivel que son resultados de expresiones verbales que podrían ayudar a diagnosticar a pacientes de Alzheimer dentro de una gran población. El conjunto de datos que utilizaron en la investigación estaba compuesto por 99 pacientes de EA y 99 controles saludables. La muestra utilizada en este estudio es la recopilación de expresiones verbales de una conversación con la persona.

El objetivo de investigación es entender los patrones lingüísticos de las expresiones verbales utilizadas por pacientes con algún tipo de demencia. Para esto utilizaron los resultados de un estudio longitudinal realizado por la Escuela de Medicina de la Universidad de Pittsburgh, el mismo estaba compuesto por transcripciones verbales de entrevistas a pacientes con probabilidad de Alzheimer, Deterioro Cognitivo Leve (DCL) y otros tipos de demencia relacionada. Las transcripciones fueron el resultado de la descripción de la imagen llamada la Técnica de “Cookie Theft”, que se muestra en la figura 1. Esta prueba está diseñada para tomar muestras de lenguaje que contribuyen al diagnóstico de un trastorno de comunicación neurogénico. El procedimiento comienza cuando se le presenta a la persona que esta siendo evaluada la imagen (“Cookie Theft”) y se le da la siguiente instrucción: *“Podría decirme lo que está viendo en la imagen?”* La prueba comienza en el momento en que la persona empieza a describir la escena y termina cuando la persona indica que no hay nada más que decir sobre la imagen presentada. La conversación es grabada y posteriormente es transcrita para el análisis, teniendo en cuenta todas las palabras pronunciadas por la persona, incluyendo las repeticiones, vacilaciones y solicitudes de ayuda.



Figure 1: Prueba "Cookie Theft"

La cantidad total de palabras completadas se considera para el análisis, al igual que el número total de unidades de información. Las unidades de información representan la cantidad de información proporcionada por la persona, incluso cuando el paciente lo mencionó dos veces o más. Las expresiones de los pacientes quedaron grabadas en el formato de transcripción CHAT. Este formato es el resultado de un conjunto de herramientas computacionales desarrolladas para agilizar la transcripción automatizada de datos de audio con fines de una investigación. Como parte del estudio se utilizaron características sintácticas, léxicas y n-gram para construir los modelos del diagnóstico. Un modelo n-gram es un tipo de modelo probabilístico que permite hacer una predicción estadística del próximo elemento de cierta secuencia sucedida hasta el momento. Es decir, un modelo n-gram predice  $X_i$  basándose en  $X_{i-1}$ ,  $X_{i-2}$ , ...,  $X_{i-n}$ . Se construyeron diferentes modelos para comprobar su hipótesis de que los modelos de diagnósticos automatizados pueden predecir la probabilidad de Alzheimer con un rendimiento razonable (Orimaye et al., 2017). El modelo utilizado fue desarrollado por la Optimización Mínima Secuencial (SMO) que es una variante del algoritmo SVM utilizando el ambiente "Waikato Environment for knowledge Analysis" (WEKA) vía API.

Según los hallazgos los modelos implementados aprendieron varios biomarcadores lingüísticos, sintácticos, léxicos y n-gram para distinguir un grupo de pacientes de Alzheimer del grupo de personas saludables. Al contrario del grupo saludable, encontraron que los posibles pacientes de Alzheimer tenían significativamente menos uso de componentes sintácticos y un uso característico de componentes léxicos en su lenguaje. Además encontraron una diferencia importante en el uso de los n-grams ya que el grupo saludable fue capaz de identificar y dar

sentido a más objetos en su n-gram que el grupo de probabilidad de Alzheimer. El mejor modelo de diagnóstico que distinguió significativamente el grupo EA probable del grupo de personas sanas bajo la curva de características receptoras (AUC) fue utilizando SVM. Los investigadores concluyen de que el uso de ML para aprender características sintácticas, léxicas y n-grams de las expresiones verbales de las personas mayores podría ayuda al diagnóstico de la enfermedad Alzheimer.

## II-B: Análisis de Imágenes por Resonancia Magnética (MRI) aplicando Redes Neuronales Convolucionales (CNN)

Machine Learning se ha convertido en uno de los métodos más importantes que ha estado ayudando a otros investigadores a tener un mejor entendimiento de todas las características que causan problemas de la salud y cómo resolver dichos problemas médicos. (Sarraf & Tofighi, 2016) En documento de investigación *“Classification of Alzheimer’s Disease using fMRI data and Deep Learning Convolutional Neural Networks”*,(Sarraf & Tofighi, 2016), los investigadores realizaron un estudio aplicando Redes Neuronales (RN) utilizando la autopsia para diferenciar entre cerebros de personas con Alzheimer y personas con un cerebro saludable. Realizaron un modelo predictivo para reconocer el tipo de enfermedad que tenían las personas probablemente saludables o estimar el estado de la enfermedad de la persona. Se utilizó la Red Neuronal Convolutiva (CNN) y la arquitectura LeNET-5, MRI de las personas con Alzheimer a partir de los controles normales donde la precisión de los datos de prueba en datos entrenados alcanzó el 96.85%. El conjunto de datos para esta investigación estaba compuesto de pacientes con (EA) y se seleccionaron 15 sujetos de control normal de edad avanzada (24 mujeres y 19 hombres) con una edad media de 74 años. Los pacientes de EA tenían MMSE de más de 20 reportados por la Alzheimer’s Disease Neuroimaging Initiative (ADNI) y todos los pacientes normales estaban sanos y no tenían antecedentes de enfermedades médicas o neurológicas. La data fue dividida en tres partes: el 60% de entrenamiento, 20% de validación y el 20% de prueba. La arquitectura LeNet fue entrenada por 270,900 muestras validadas y comprobadas por 90,300 imágenes, con el fin de lograr un modelo certero utilizando la red neuronal profunda, Deep Learning (DL). El proceso de validación cruzada se repitió 5 veces. El modelo de DL LeNet reconoció con éxito los datos de Alzheimer del control normal con la precisión promedio de 96.8588%. La solución del estudio fue basada en pasos de preprocesamiento seguidos por la clasificación de CNN mejoró la precisión de la clasificación de datos de Alzheimer de un 84% utilizando la máquina de soporte a la decisión, SVM a 96.86%.



## II-C: Diferenciación entre Deterioro Cognitivo Leve y Demencia utilizando métodos de ML

En el documento de investigación, titulado: “*Machine Learning Techniques for Diagnostic Differentiation of Mild Cognitive Impairment and Dementia*”, (Williams et al., 2013) utilizaron datos neuropsicológicos y demográficos para predecir la puntuación de la prueba Clinical Dementia Rating (CDR) de personas con demencia, no demencia, demencia leve y también analizaron data sobre el diagnóstico clínico de personas saludables, personas con deterioro cognitivo leve y personas con demencia. La prueba CDR es un instrumento con una escala de 5 puntos utilizada para caracterizar los 6 dominios del desarrollo cognitivo y funcional de la persona aplicable a enfermedades como el Alzheimer y otras demencias relacionadas. Los seis dominios evaluados son: memoria, orientación, juicio y solucionar problemas, comportamiento con la sociedad, hogar y pasatiempo y cuidado personal. En esta investigación en particular se utilizaron cuatro tipos diferentes de algoritmos de ML: Naïve Bayes (NB), C4.5 Árbol de Decisión (DT), Propagación hacia atrás, Redes Neuronales (NN) y SVM. Como parte del enfoque de éste experimento exploraron los diferentes tipos de algoritmos antes mencionados para analizar si la data neuropsicológica y demográfica podía ser automatizada para el diagnóstico de personas con deterioro cognitivo.

Los datos lo dividieron en 3 conjuntos de datos. El primer conjunto de datos se denominará conjunto de datos de diagnóstico. En el segundo conjunto de datos se utilizaron las puntuaciones del CDR como clase que se predijo. El segundo conjunto de datos se conoce como conjunto de datos CDR. El tercer conjunto de datos utilizó un enfoque semi-supervisado para proporcionar etiquetas para el conjunto de datos CDR que contienen puntos de datos sin valor de clase objetivo. Se evaluaron los cuatro tipos de algoritmos (NN, NB, SVM, DT) para construir modelos de clasificación para distinguir entre diagnósticos cognitivo saludables, Deterioro Cognitivo Leve (DCL), entre diagnósticos de demencia y entre las calificaciones de CDR de: 0 (no demencia), 0.5 (demencia muy leve), y 1.0 (demencia leve). Basado en los resultados observados el algoritmo con la capacidad de obtener la mayor precisión de clasificación independientemente de la clase fue Naïve Bayes utilizando la puntuación (CDR) supervisada en contra el aprendizaje semi-supervisado. El algoritmo de SVM no cumplió con el objetivo de la investigación debido a la limitación de datos recolectados.

## II-D: Análisis de las diferentes pruebas utilizadas para el diagnóstico de enfermedades cognitivas

Las crecientes cifras mundiales de prevalencia de EA exigen el desarrollo de métodos diagnósticos cada vez más precoces. Esta enfermedad suele ser

diagnosticada cuando ya está avanzada y a este punto poco se puede hacer terapéuticamente, lo que significa una gran pérdida de años de vida y altos costos sociales y familiares. Considerando los hallazgos de la investigación el 80% de los estudios han propuesto biomarcadores basados en resonancia magnética y tomografía por emisión de positrones como base. Se han probado varios clasificadores de patrones para la diferenciación de sujetos con EA, MCI, Control y otros tipos de Demencias relacionadas algunos de estos utilizan modalidades como Imágenes por Resonancia Magnética (MRI). Entre muchos enfoques las SVM se han utilizado ampliamente en el área para la discriminación entre EA y control. Sin embargo, en un estudio por (Chen & Herskovits, 2010) encontraron que de varios enfoques estadísticos y de algoritmos de ML diferentes, una SVM y un clasificador NB eran los mejores métodos para discernir entre control y demencia leve. Las redes neuronales NN también se han utilizado para la clasificación de DCL que se caracteriza por el déficit cognitivo (que son mayores que los del envejecimiento saludable y que no cumplen con los criterios de demencia), demencia y controles. Según la revisión de literatura, el algoritmo más preciso para diferenciar enfermedades de tipo demencia son las Redes Neuronales con una precisión de hasta un 90%. El propósito era demostrar que los algoritmos de ML aportan significativamente a la clasificación de enfermedades cognitivas y sirven como soporte a la decisión para ofrecer un diagnóstico más preciso.

No obstante, es difícil una comparación directa de estos estudios, ya que cada estudio utiliza diferentes conjuntos de datos, protocolos de procesamiento la Tabla 1 muestra las medidas de precisión logradas en la clasificación de EA.

A continuación, una tabla comparativa que contiene una selección de estudios relacionados al diagnóstico seguro entre las primeras etapas de la enfermedad Alzheimer junto con los tamaños de muestra y el desempeño del algoritmo informado.

**Tabla 1: Análisis comparativo de las pruebas utilizadas para el diagnóstico**

#	Título del Artículo de Investigación	Prueba de Diagnóstico	Precisión de Algoritmo de Machine Learning	Data utilizada
1	Predicting Probable Alzheimer Disease using linguistic deficits and biomarkers (Sylvester O. Orimaye et al., 2017)	Cookie Theft	MLR SVM	Total: 198 Alzheimer: 99 Control: 99
2	Detecting Diagnostic Biomarkers of Alzheimer's Disease by Integrating Gene Expression Data in Six Brain Regions (Wang & Liu, 2019)	GEN Expression	SVM: 98% RF: 99% NB: N/A	Alzheimer Control  *No se encontró el total de datos
3	Predicting Alzheimer's disease: a neuroimaging study with 3D convolutional neural networks (Payan & Montana, 2015)	fMRI	NN 2D: AD vs. C: 95% AD vs. MCI: 82% C vs. MCI: 90%  NN 3D: AD vs. C: 95% AD vs. MCI: 86% C vs. MCI: 92%	Total: 2,265 Alzheimer: 755 MCI: 755 Control: 755
4	Classification of Alzheimer Disease using fMRI Data and Deep Learning Convolutional Neural Network (Sarraf & Tofighi, 2016)	MRI MMSE	CNN: 97%	Total: 43 Alzheimer: 28 Control: 15
5	Learning Predictive Linguistic Feature for Alzheimer Disease and Related Dementia using Verbal Utterances (Sylvester Olubolu Orimaye et al., 2014)	Cookie Theft	SVM: 74% NB: 63% DT: 71% NN: 71%	Total: 314 Alzheimer: 239 Posible EA: 21 MCI: 43 Problemas de la memoria: 3 Indefinido: 4
6	Machine Learning Techniques for Diagnosis Differentiation of MCI and Dementia (Williams et al., 2013)	Puntuación del CDR diagnóstico Clínico	NB: 80% SVM DT NN	Total: 364 Demencia: 53 Alzheimer: 52 MCI: 97 Lewy Body Dementia: 1 Control: 161

*Continúa...*

7	The application of unsupervised clustering methods to Alzheimer's Disease (Alashwal et al., 2019)	APOE-4 MMSE MRI CSF (fluido cerebro-espinal)	Algoritmos de Clasificación Modelo multi-capas Modelo Jerárquico	Control MCI Demencia  *No se encontró el total de datos
8	Decision Trees for the analysis of gens involved in Alzheimer's Disease pathology (Mestizo Gutiérrez et al., 2014)	APP APOE-4 BACE1 PSEN 1 PSEN 2 MAPT MCSTN MMSE NFT	DT: 77%	Total: 31 Control: 9 Alzheimer: 22
9	Machine Learning approaches for the Neuroimaging Study of Alzheimer's Disease (Ye et al., 2011)	ApoE4 Género Edad	MKL: 89.5%	Alzheimer Control  *No se encontró el total de datos

#### IV: Conclusión

A medida del estudio de investigaciones pasadas, se pueden conocer las diferentes herramientas del diagnóstico de problemas cognitivos, demencia, Alzheimer y otros tipos de demencia relacionadas. En la investigación realizada se reconocen diferentes variables que no son comunes y que son tomadas en consideración para el diagnóstico. Como por ejemplo, los déficits lingüísticos y los genes que influencia a la enfermedad: el gen de la apolipoproteína E (ApoE4). Dentro de las diferentes herramientas para el diagnóstico encontradas están las más populares: las imágenes de resonancia magnética (MRI), escaneo PET, tomografías estas exploraciones son diferentes variantes que muestran el comportamiento del cerebro. Por otro lado existen pruebas para examinar los 6 dominios cognitivos (memoria, orientación, juicio y solucionar problemas, comportamiento con la sociedad, hogar y pasatiempo y cuidado personal), la puntuación de MMSE, el CDR, pruebas de laboratorio, historial familiar, entre otras.

A través de las diferentes investigaciones realizadas se ha encontrado que se han aplicado diferentes métodos de ML a los resultados de las pruebas antes mencionadas y se han obtenido resultados positivos que impulsa a seguir investigando y conocer la patología de la enfermedad. Cada estudio que se ha aplicado ML es único, ya que

depende de cuán robusta sea el conjunto de datos con el cual se esté trabajando. Los métodos de ML más populares aplicados a la clasificación de pacientes con trastornos cognitivos, pacientes con Alzheimer y personas saludables son: Redes Neuronales, Support Vector Machine, Árboles de Decisión. Según los hallazgos de los estudios el método de ML que ofrece mayor exactitud lo son: NN, NB y SVM. La eficiencia del algoritmo utilizado depende mucho de la información que se tenga del conjunto de datos y de que está compuesto el mismo.

## V: Referencias

- Alashwal, H., El Halaby, M., Crouse, J. J., Abdalla, A., & Moustafa, A. A. (2019). The application of unsupervised clustering methods to Alzheimer's disease. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 13(May), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fncom.2019.00031>
- Alzhe. (2019). 2019 Alzheimer's disease facts and figures. *Alzheimer's & Dementia*, 15(3), 321–387. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2019.01.010>
- Alzheimer's Association. (2020). Alzheimer's Association 2020 Facts and Figures Report. *Alzheimer's Association*, 1. [https://www.alz.org/alzheimers-dementia/facts-figures%0Ahttps://alz.org/alzheimers-dementia/facts-figures%0Ahttps://www.alz.org/alzheimers-dementia/facts-figures%0Ahttps://www.alz.org/media/Documents/alzheimers-facts-and-figures\\_1.pdf](https://www.alz.org/alzheimers-dementia/facts-figures%0Ahttps://alz.org/alzheimers-dementia/facts-figures%0Ahttps://www.alz.org/alzheimers-dementia/facts-figures%0Ahttps://www.alz.org/media/Documents/alzheimers-facts-and-figures_1.pdf)
- Chen, R., & Herskovits, E. H. (2010). *Machine-learning techniques for building a diagnostic model for very mild dementia*. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.03.084>
- Diagnóstico del Alzheimer | Español | Alzheimer's Association*. (n.d.). Retrieved May 20, 2020, from <https://www.alz.org/alzheimer-demencia/diagnostico?lang=es-MX>
- Donoso, A., Venegas, P., Villarroel, C., & Vásquez, C. (2001). Deterioro cognitivo leve y enfermedad de Alzheimer inicial en adultos mayores. *Revista Chilena de Neuro-Psiquiatria*, 39(3), 231–238. <https://doi.org/10.4067/s0717-92272001000300007>
- Herrera-Rivero, M., Hernández-Aguilar, M. E., Manzo, J., & Aranda-Abreu, G. E. (2010). Alzheimer's disease: Immunity and diagnosis. *Revista de Neurologia*, 51(3), 153–164. <https://doi.org/10.33588/rn.5103.2009531>
- Informe ADI/Bupa. (2013). *La demencia en América: El coste y la prevalencia del Alzheimer y otros tipos de demencia*. <https://www.alz.co.uk/sites/default/files/pdfs/dementia-in-the-americas-SPANISH.pdf>

- Mayo Clinic. (n.d.-a). *Demencia - Síntomas y causas - Mayo Clinic*. Retrieved September 16, 2020, from <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/dementia/symptoms-causes/syc-20352013>
- Mayo Clinic. (n.d.-b). *Estadios del Alzheimer: cómo avanza la enfermedad - Mayo Clinic*. Retrieved August 26, 2020, from <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/alzheimers-disease/in-depth/alzheimers-stages/art-20048448>
- Mestizo Gutiérrez, S. L., Herrera Rivero, M., Cruz Ramírez, N., Hernández, E., & Aranda-Abreu, G. E. (2014). Decision trees for the analysis of genes involved in Alzheimer[U+05F3]s disease pathology. *Journal of Theoretical Biology*, 357, 21–25. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2014.05.002>
- Nevala, K. (2017). *The machine learning primer: A SAS best practices e-book*. SAS Institute Inc., 53.
- Orimaye, Sylvester O., Wong, J. S. M., Golden, K. J., Wong, C. P., & Soyiri, I. N. (2017). Predicting probable Alzheimer's disease using linguistic deficits and biomarkers. *BMC Bioinformatics*, 18(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s12859-016-1456-0>
- Orimaye, Sylvester Olubolu, Wong, J. S.-M., & Golden, K. J. (2014). Workshop on Computational Linguistics and Clinical Psychology: From Linguistic Signal to. *Clinical Reality*, 78–87. <http://www.alz.org/dementia/>
- Payan, A., & Montana, G. (2015). Predicting Alzheimer's disease a neuroimaging study with 3D convolutional neural networks. *ICPRAM 2015 - 4th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods, Proceedings*, 2(249), 355–362.
- Sarraf, S., & Tofighi, G. (2016). *Classification of Alzheimer's Disease Structural MRI Data by Deep Learning Convolutional Neural Networks*. 8–12. <http://arxiv.org/abs/1607.06583>
- Wang, L., & Liu, Z. P. (2019). Detecting diagnostic biomarkers of Alzheimer's disease by integrating gene expression data in six brain regions. *Frontiers in Genetics*, 10(MAR), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00157>
- Williams, J. A., Weakley, A., Cook, D. J., & Schmitter-Edgecombe, M. (2013). Machine learning techniques for diagnostic differentiation of mild cognitive impairment and dementia. *AAAI Workshop - Technical Report, WS-13-09*, 71–76.
- Ye, J., Wu, T., Li, J., & Chen, K. (2011). Machine learning approaches for the neuroimaging study of Alzheimer's disease. *Computer*, 44(4), 99–101. <https://doi.org/10.1109/MC.2011.117>