

## **Detección de ELA utilizando Análisis Frecuencial con Aprendizaje Automático**

### **ALS Detection using Frequency Analysis with Machine Learning**

Alejandro Díaz Montes de Oca  
alejandro99apple@gmail.com

Ricardo Antonio Salido Ruiz

Stewart René Santos Arce

## **Resumen**

La Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA) es una enfermedad neurodegenerativa progresiva que deteriora las neuronas motoras, provocando debilidad muscular y alteraciones del control voluntario del movimiento, el habla y las expresiones faciales. Los métodos diagnósticos actuales, basados en evaluaciones clínicas y pruebas especializadas, presentan retrasos significativos, afectando la supervivencia y calidad de vida del paciente. Este estudio propone un método no invasivo para detectar ELA mediante la caracterización de marcadores faciales en el dominio de la frecuencia a través de algoritmos de aprendizaje automático.

**Palabras clave:** Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA), Aprendizaje Automático (AA), Análisis Frecuencial.

## **Abstract**

Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS) is a progressive neurodegenerative condition that deteriorates motor neurons, leading to muscle weakness and impairments in voluntary control of movement, speech, and facial expressions. Current diagnostic methods, based on clinical evaluations and specialized tests present significant delays, affecting patient survival and quality of life. This study proposes a non-invasive method to detect ALS by characterizing facial markers in the frequency domain through machine learning algorithms.

**Keywords:** Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS), Machine Learning (ML), Frequency Analysis.

## 1. Introducción

La Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA) es una enfermedad neurodegenerativa que afecta las neuronas motoras, causando debilidad muscular progresiva y pérdida del control motor voluntario (Richards et al., 2020). Esto impacta directamente funciones críticas como el habla y las expresiones faciales. Los métodos diagnósticos actuales, basados en evaluaciones clínicas y pruebas especializadas (Electromiografía, Resonancia Magnética), tienen un retraso de 10 a 16 meses, lo que dificulta las intervenciones tempranas y reduce la supervivencia del paciente (Richards et al., 2020).

Frente a este desafío, existe la necesidad de desarrollar herramientas accesibles y no invasivas para el diagnóstico temprano. Estudios recientes (Bandini et al., 2018; Gomes et al., 2024) han explorado el análisis del movimiento facial utilizando Aprendizaje Automático (Machine Learning - ML), demostrando su potencial. Sin embargo, estos estudios solo se han centrado en el análisis en el dominio del tiempo. Este trabajo propone un método innovador que combina el procesamiento de señales faciales en el dominio de la frecuencia con algoritmos de clasificación, ofreciendo una alternativa complementaria a los enfoques tradicionales.

## 2. Metodología

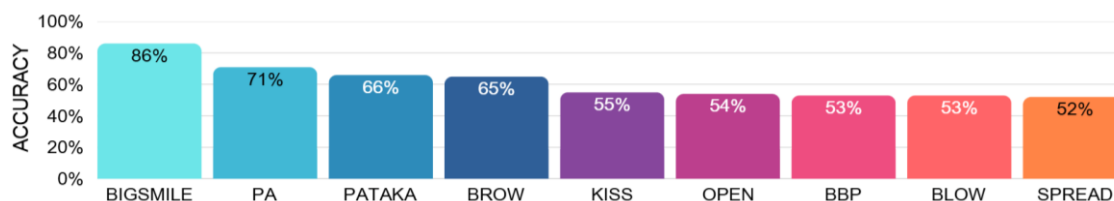
Para este estudio se utiliza el dataset Toronto NeuroFace (Bandini et al., 2021), que contiene grabaciones de video de 22 participantes (11 con diagnóstico confirmado de ELA y 11 controles sanos) realizando nueve tareas de diadococinesia orofacial (Bandini et al., 2021). Mediante el framework MediaPipe®, se extrajeron inicialmente 440 marcadores faciales por cada fotograma de video. Estas señales fueron transformadas a coordenadas polares (radio  $r$  y ángulo  $\theta$ ), tomando la punta nasal como origen de referencia.

Para el análisis espectral, se calculó la coherencia en la banda de 0.1–5 Hz entre pares de marcadores bilaterales simétricos, rango que abarca las frecuencias características de los movimientos orofaciales durante el habla. Posteriormente, el conjunto se redujo a 24 pares de marcadores por tarea, mediante un análisis de importancia de características, seleccionando aquellos con mayor poder discriminatorio entre grupos.

Se implementaron seis arquitecturas de ML para la clasificación binaria (ELA vs. control): Máquina de Soporte Vectorial, Bosque Aleatorio, Árboles de Decisión, Redes Neuronales Multicapa, K-Vecinos Más Cercanos y Regresión Logística. Cada modelo fue evaluado independientemente para las nueve tareas de diadococinesia (Bandini et al., 2021) utilizando validación cruzada, reportando métricas de rendimiento como exactitud (accuracy), sensibilidad y especificidad.

### 3. Resultados

El análisis comparativo de los algoritmos de ML reveló un rendimiento diferenciado entre las tareas faciales evaluadas. La exactitud (accuracy) promedio más alta se obtuvo en la tarea BIGSMILE (86%), seguida por PA (71%) y PATAKA (66%).



*Figura 1 Resultados de accuracy usando análisis frecuencial*

Entre los algoritmos evaluados, los K-Vecinos Más Cercanos y la Máquina de Soporte Vectorial destacaron por su alta exactitud (hasta un 90% en BIGSMILE). Los algoritmos restantes mostraron una exactitud moderada. Esta variabilidad en el rendimiento sugiere que seleccionar tareas específicas y algoritmos apropiados es crucial para optimizar la detección de ELA mediante el análisis facial.

### 4. Conclusiones

Este estudio demuestra que el análisis frecuencial de los movimientos orofaciales utilizando algoritmos de ML puede distinguir entre pacientes con ELA y controles sanos. El análisis de exactitud (accuracy) sugiere que la tarea BIGSMILE podría aumentar la eficiencia del diagnóstico adecuado de la ELA.

### Referencias

- Richards, D., Morren, J. A., & Pioro, E. P. (2020). Time to diagnosis and factors affecting diagnostic delay in amyotrophic lateral sclerosis.
- Bandini, A., Green, J. R., Taati, B., Orlandi, S., Zinman, L., & Yunusova, Y. (2018). Automatic Detection of Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS) from Video-Based Analysis of Facial Movements: Speech and Non-Speech Tasks. 2018
- Gomes, N., Yoshida, A., Roder, M., Camargo De Oliveira, G., & Papa, J. (2024). Facial Point Graphs for Amyotrophic Lateral Sclerosis Identification
- Bandini, A., Rezaei, S., Guarin, D. L., Kulkarni, M., Lim, D., Boulos, M. I., Zinman, L., Yunusova, Y., & Taati, B. (2021). A New Dataset for Facial Motion Analysis in Individuals With Neurological Disorders



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 2.5 México.