

Universidad Nacional Autónoma de Honduras

Facultad de Ciencias
Escuela de Física

Diego Fernando Amador Regalado

Análisis de la enfermedad de Alzheimer mediante señales electroencefalográficas

Diciembre, 12, 2023

Introducción

Las señales eléctricas obtenidas en un EEG son el resultado incidental de la actividad eléctrica en el tejido nervioso, se producen cuando las neuronas generan potenciales eléctricos al comunicarse entre sí en el momento de recibir un estímulo externo, o cuando se desea realizar alguna función en el organismo.

El fin principal de este estudio es hacer uso de las señales de EEG y PSD de por medio de un programa de MATLAB para poder visualizar las señales y la actividad, y poder llegar a observar un comportamiento en la EA y con ello facilitar su diagnóstico.

Objetivos

Investigar e implementar las técnicas para la extracción de datos de un EEG para obtener información relevante que ayude a tener una relación de las señales encefalográficas y los pacientes con EA,

- Determinar las características adecuadas que se pueden extraer del EEG y PSD que permitan identificar la EA.
- Hacer un cluster y análisis estadístico que permitan determinar o clasificar a un paciente sano con uno con EA.

EEG

Para obtener el electroencefalograma se requiere de la colocación de electrodos, encargados de transformar las corrientes iónicas procedentes del tejido cerebral en corrientes eléctricas en la superficie craneal. Estos electrodos se encuentran conectados a un conjunto de canales independientes, permitiendo la captación y amplificación de la diferencia de potencial entre los electrodos receptores, y dirigiendo las señales recibidas a un dispositivo de registro. Existen varios tipos de electrodos según la forma que se obtiene el registro.

Las señales EEG se obtienen de forma sencilla y ofrecen información de la actividad del cerebro, la cual nos sugiere que podemos ver en esta algunos trastornos mentales.

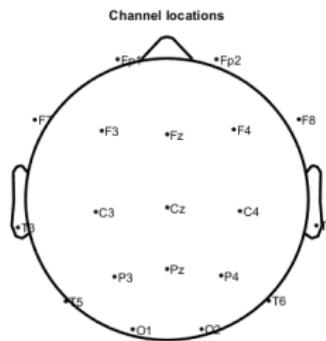


Figura 1: Ubicación de los electrodos

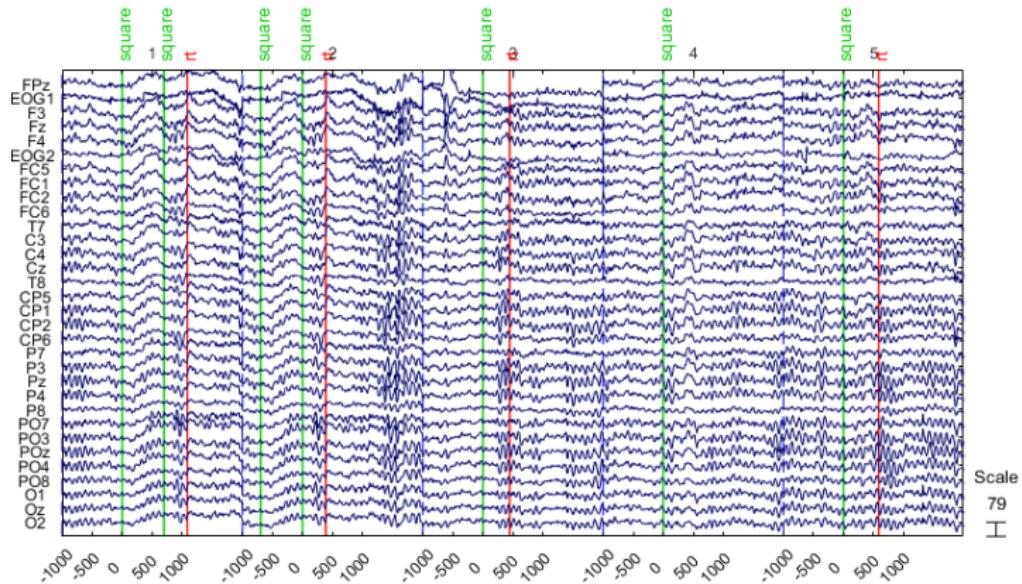


Figura 2: Señales del EEG de un paciente sano

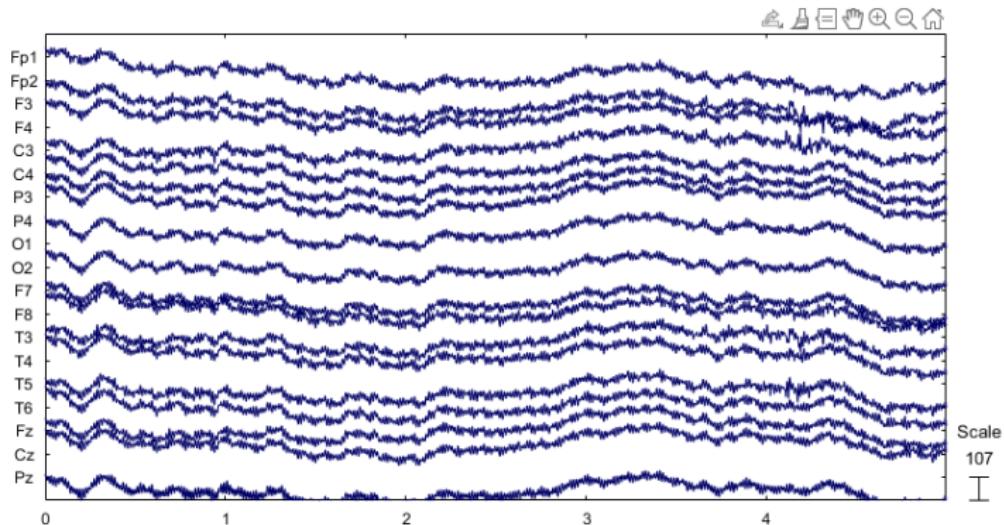


Figura 3: Señales del EEG de un paciente sano (eyes-closed)

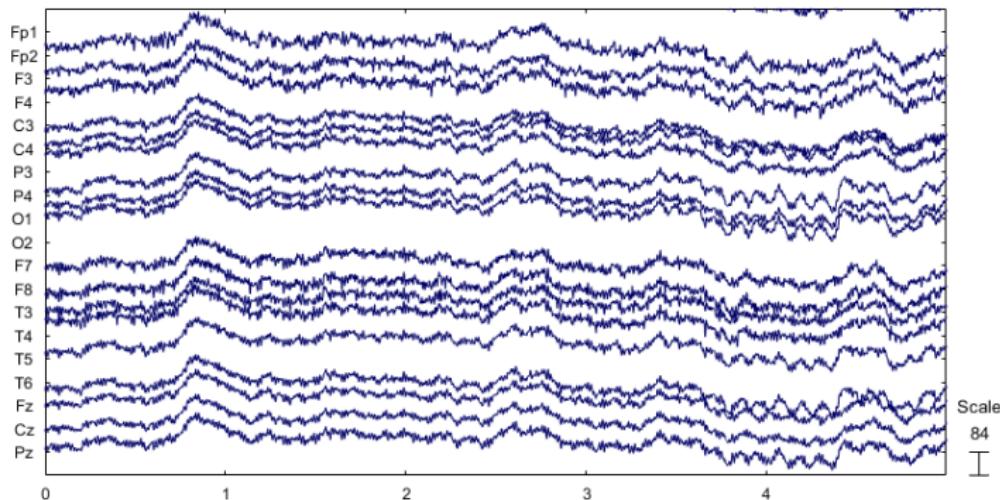


Figura 4: Señales del EEG de un paciente con EA (eyes-closed)

Espectro de potencia

El espectro de potencia es una función matemática que da a conocer la distribución de la potencia de dicha señal sobre las distintas frecuencias en donde está formada, esto lo usamos para visualizae de mejor manera el estado de los pacientes es mediante la actividad cerebral presentada durante el EEG.

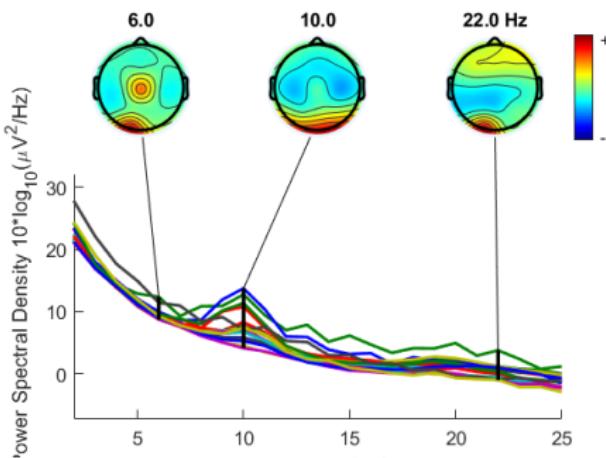


Figura 5: Paciente sano (eyes-closed)

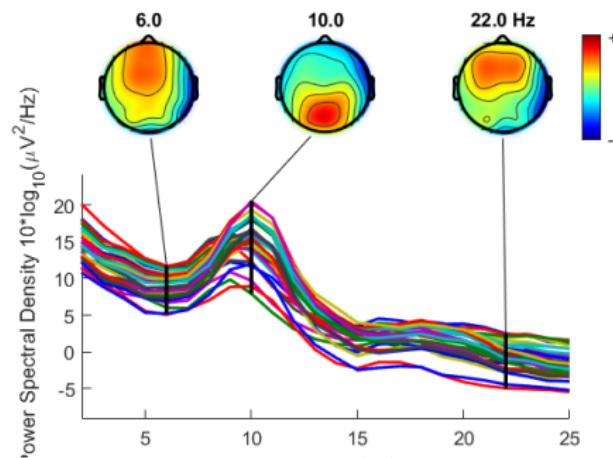


Figura 6: Paciente sano

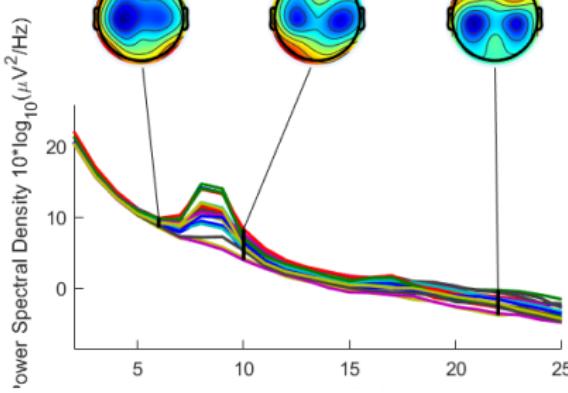


Figura 7: Paciente EA (22 MMSE)
(eyes-closed)

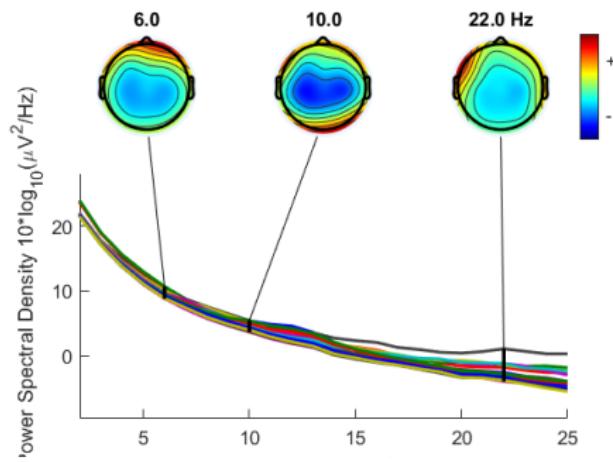


Figura 8: Paciente EA (4 MMSE)

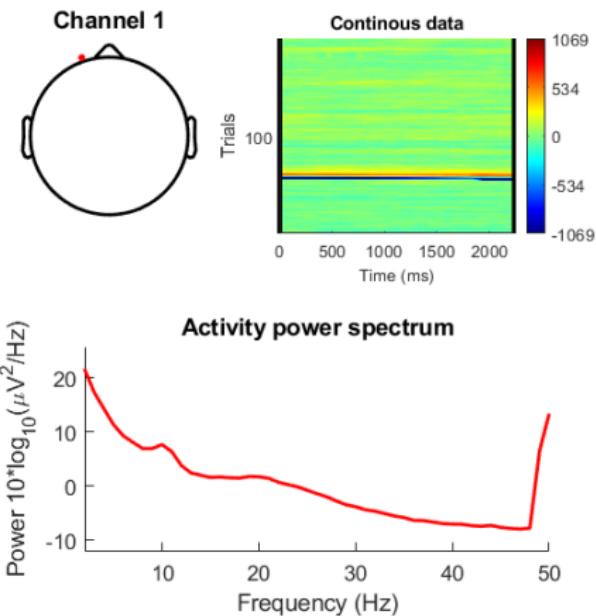


Figura 9: Canal 1 paciente sano

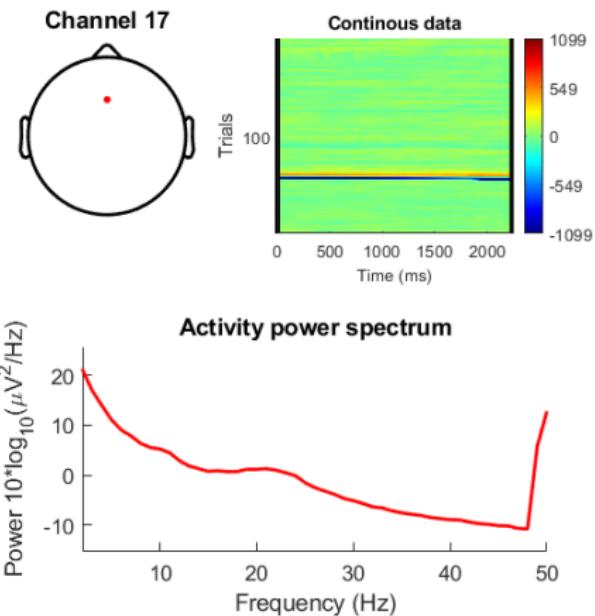


Figura 10: canal 17 paciente sano

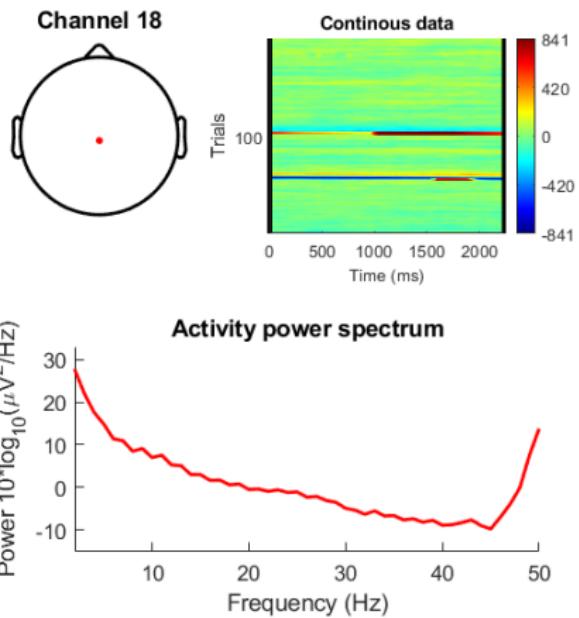


Figura 11: Canal 18 paciente sano

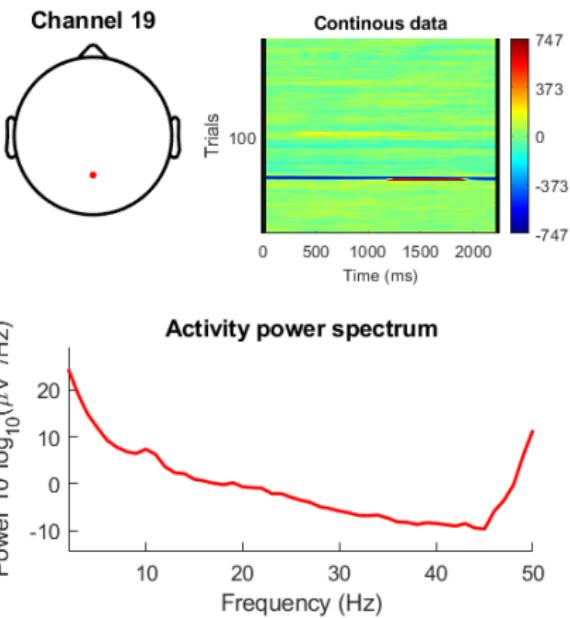


Figura 12: canal 19 paciente sano

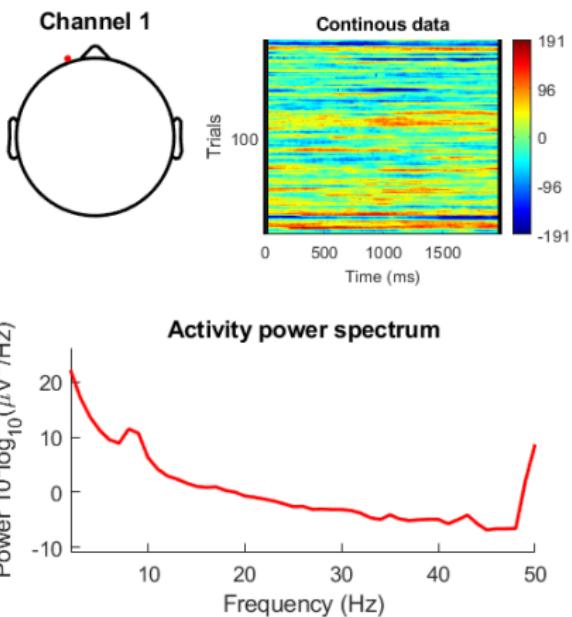


Figura 13: Canal 1 EA (22 MMSE)

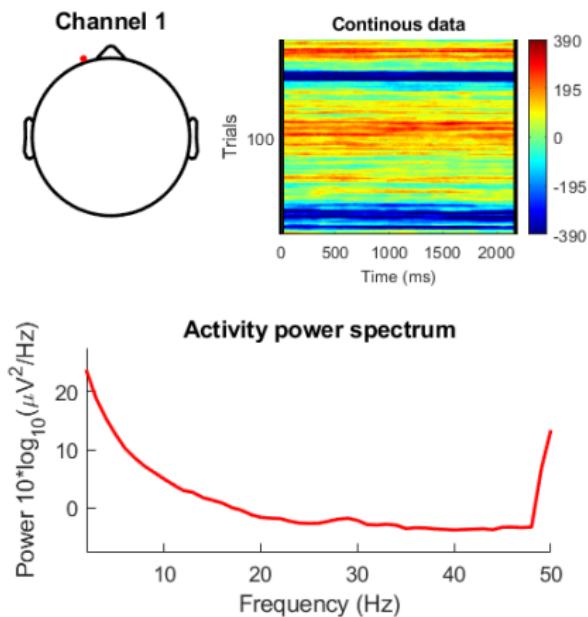


Figura 14: canal 1 EA (4 MMSE)

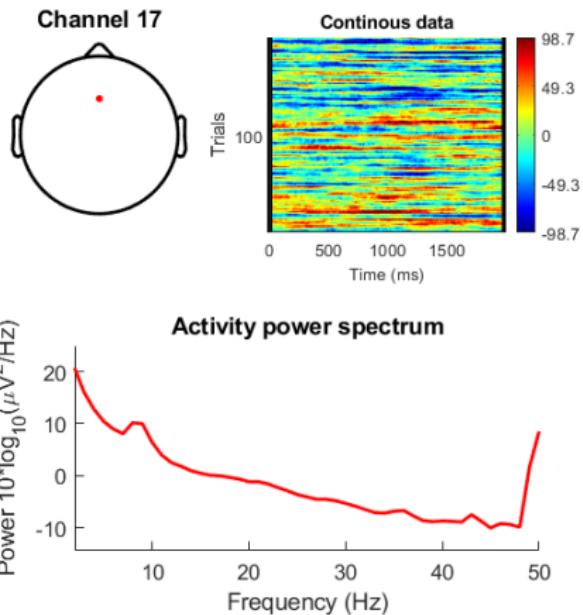


Figura 15: Canal 17 EA (22 MMSE)

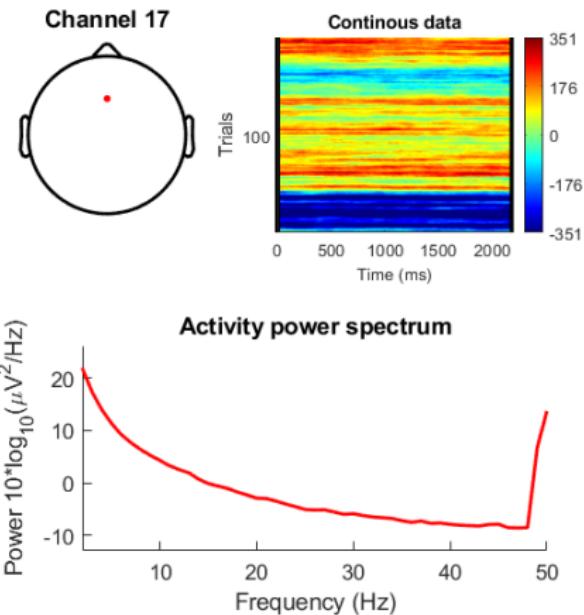


Figura 16: canal 17 EA (4 MMSE)

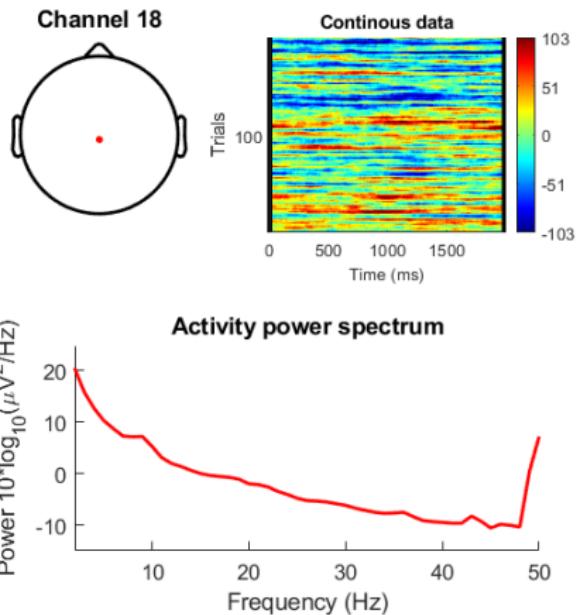


Figura 17: Canal 18 EA (22 MMSE)

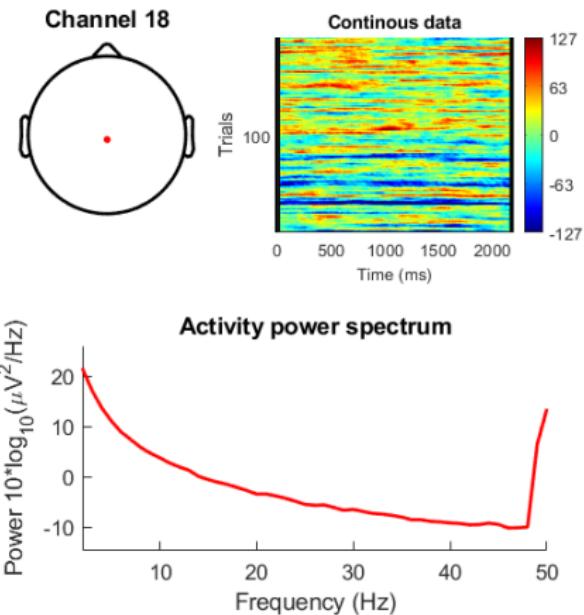


Figura 18: canal 18 EA (4 MMSE)

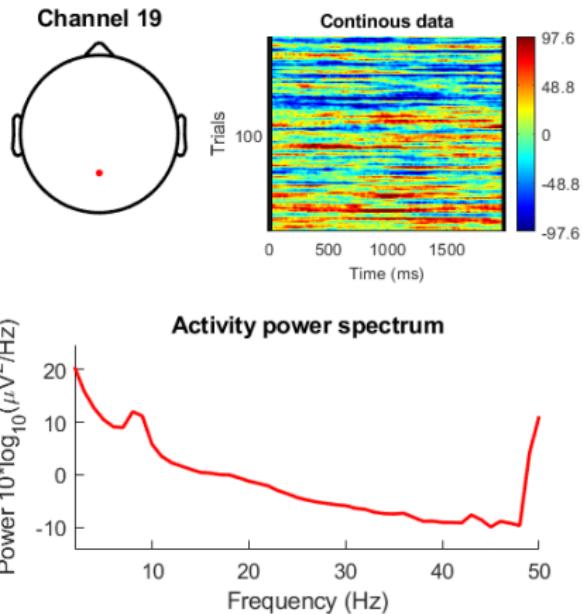


Figura 19: Canal 19 EA (22 MMSE)

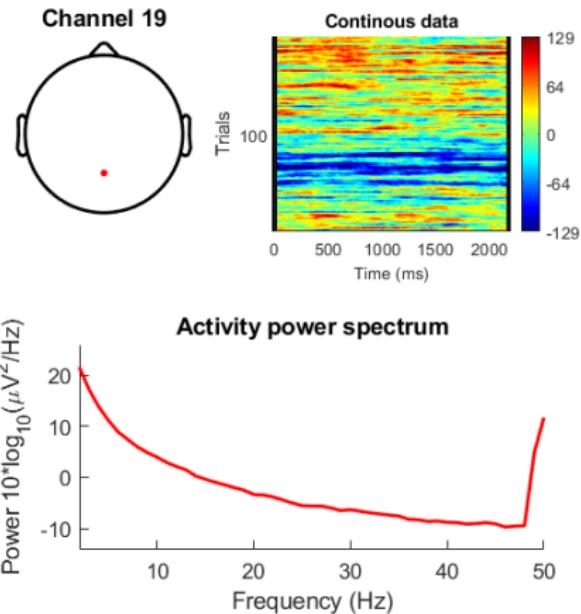


Figura 20: canal 19 EA (4 MMSE)

Cluster

Un cluster se encarga de agrupar objetos por similitud, en grupos o conjuntos de manera que los miembros del mismo grupo tengan características similares. Para tener una mejor resolución en los datos haremos uso de ICA.

Parentcluster 1 (10 Ss, 190 ICs)

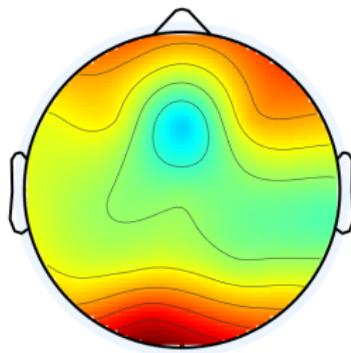


Figura 21: Cluster sano

Parentcluster 1 (10 Ss, 190 ICs)

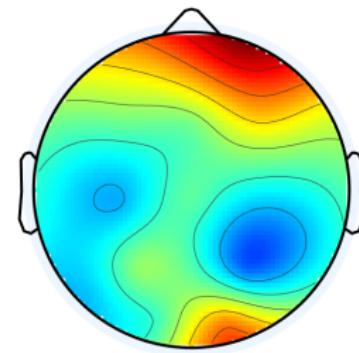
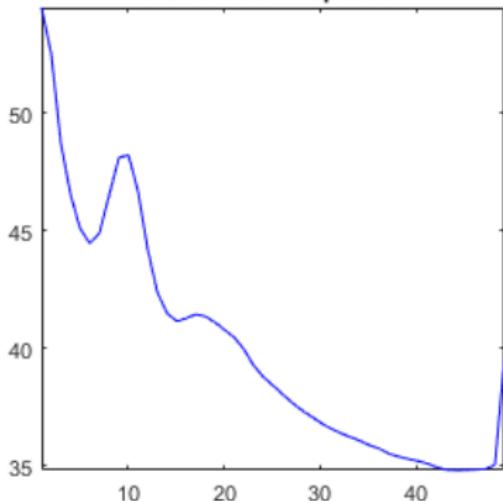
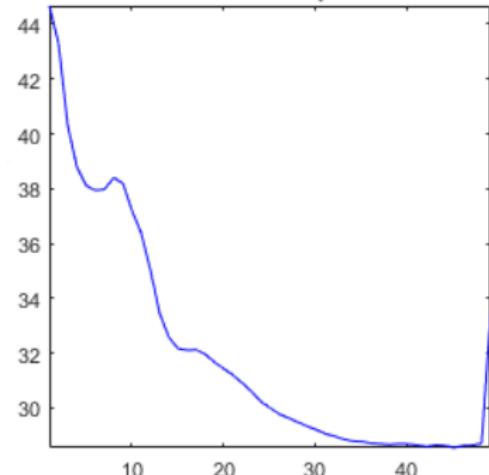


Figura 22: cluster EA

Parentcluster 1 Spectrum**Figura 23:** APS sano**Parentcluster 1 Spectrum****Figura 24:** APS EA

Analísist estadístico

El coeficiente r de Pearson, también conocido como la correlación producto-momento de Pearson, se usa a menudo en los paquetes de software modernos disponibles para visualización de datos y ajuste de curvas.

$$r = \frac{S_{xx}}{\sqrt{S_{xx}S_{yy}}} = \frac{S_{xx}}{\sigma_x \sigma_y} \quad (1)$$

Residuales

Es una medida de la discrepancia entre los datos y un modelo de estimación, como una regresión lineal. Un RSS pequeño indica un ajuste estrecho del modelo a los datos. Se utiliza como criterio de optimización en la selección de parámetros y la selección de modelos.

Tenemos una relación con el coeficiente de Pearson, en el cual la línea de regresión de mínimos cuadrados está dada por:

$$RSS = S_{yy}(1 - r^2) \quad (2)$$

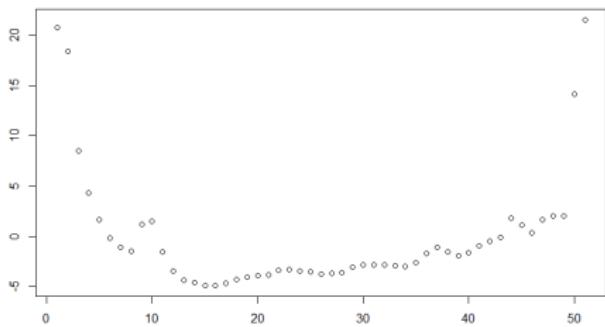


Figura 25: RSS para EA

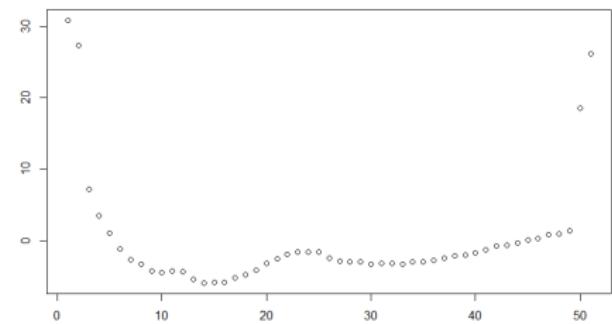


Figura 26: RSS para cerebro sano

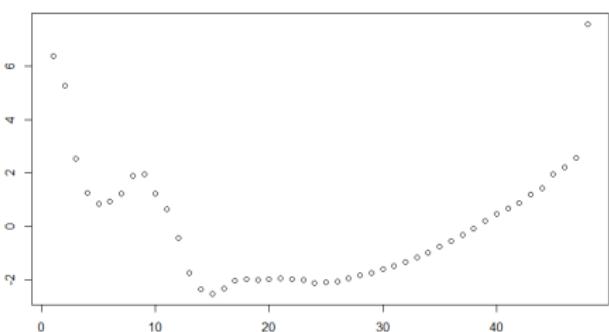


Figura 27: RSS para cluster EA

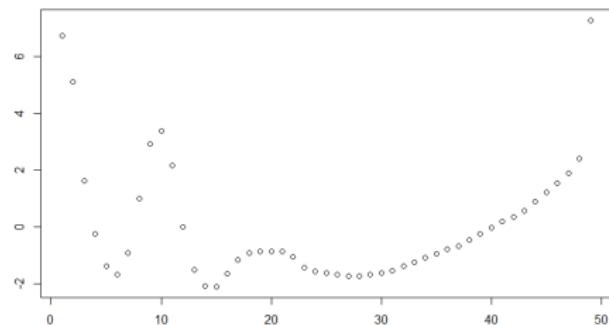


Figura 28: RSS para cluster sano

Gráfico Q-Q

Los gráficos Q-Q comparan dos distribuciones de probabilidad mediante el trazado de sus cuantiles uno contra el otro. Un gráfico Q-Q se utiliza para comparar las formas de las distribuciones, proporcionando una vista gráfica de cómo las propiedades, como la ubicación, la escala y la asimetría, son similares o diferentes en las dos distribuciones.

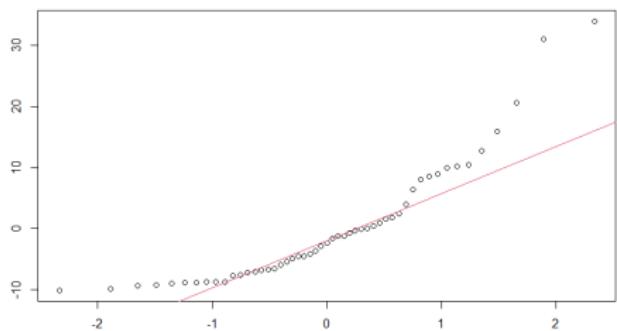


Figura 29: Q-Q para EA

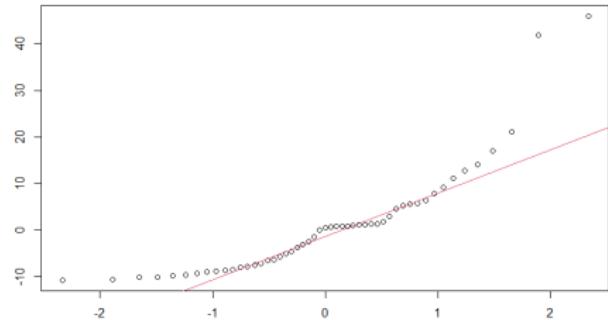


Figura 30: Q-Q para sano

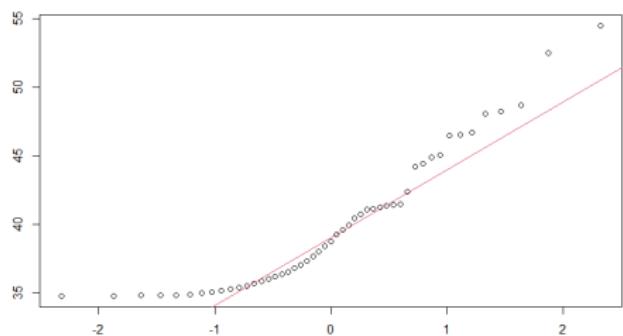


Figura 31: Q-Q para cluster EA

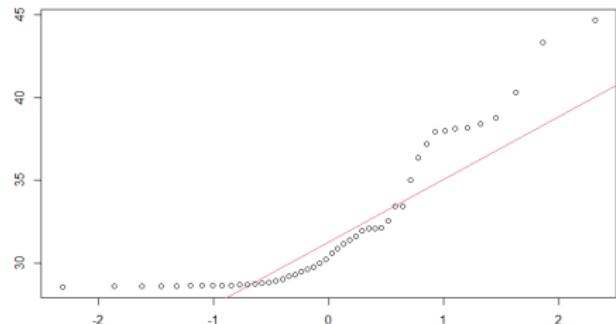


Figura 32: Q-Q para cluster sano

Linealización del cluster

Ya observamos un comportamiento exponencial en los datos obtenidos del cluster de EA y cerebro sano, con esto linealizamos la función, del tipo:

$$y = AB^{kx}$$

$$\log_B(y) = \log_B A + kx$$

$$\log_B(y) = kx + \log_B A$$

$$v = kx + L$$

Parentcluster 1 Spectrum

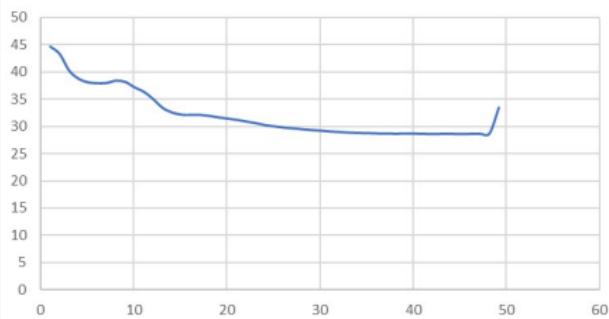


Figura 33: Cluster EA

Parentcluster 1 Spectrum

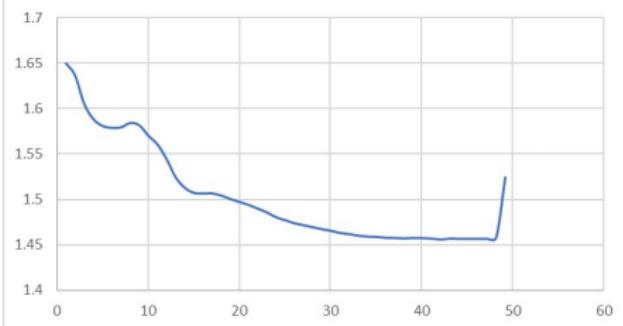


Figura 34: Linealización para cluster EA

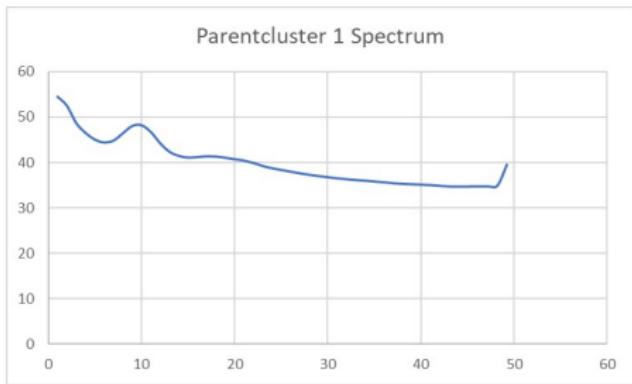


Figura 35: Cluster sano

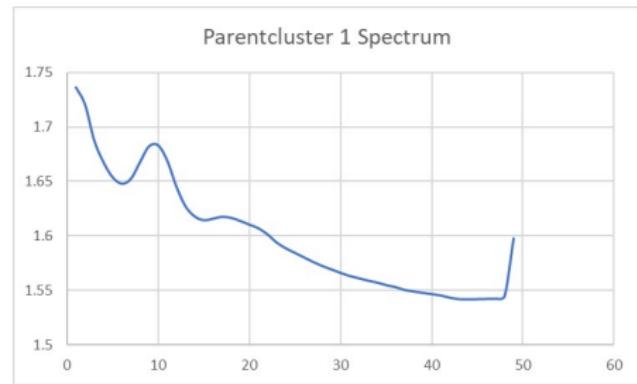


Figura 36: Linealización para cluster sano

Comparación de cluster

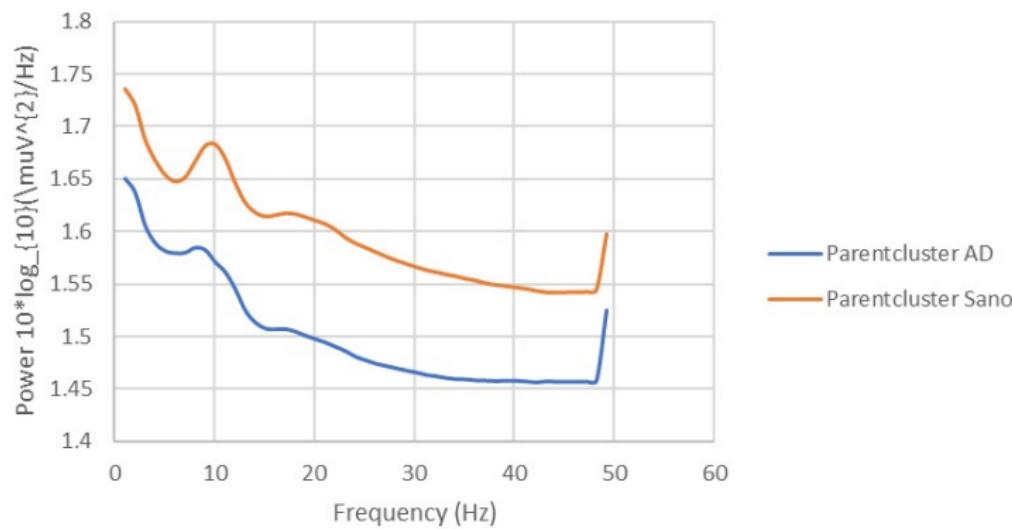


Figura 37: Linealización ambos cluster

Distribución Gaussiana e Histogramas

Con la distribución gaussiana o normal se pretenden ver donde se concentran la mayoría de los datos al analizar y con el histograma ver la frecuencia de observaciones dentro de los datos medidos del EEG.

Los histogramas son útiles para visualizar la forma general de la distribución de los datos, incluyendo la centralidad, dispersión y forma de la distribución. Pueden ser utilizados para identificar patrones, tendencias y características importantes en los datos, con ello se pretende dar un resultado al problema de la ausencia de la tendencia del pico en 8Hz del paciente de 4 MMSE.

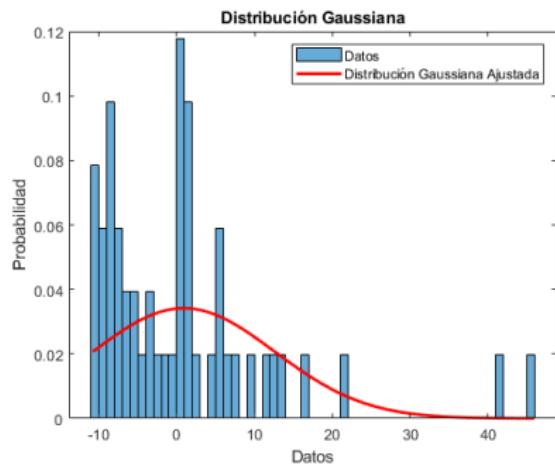


Figura 38: Histograma cerebro sano
(canal 17)

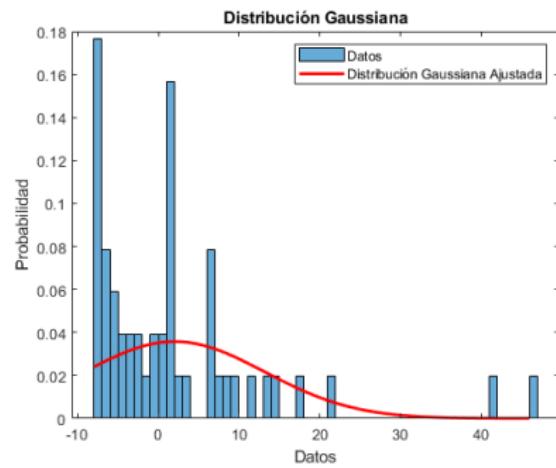


Figura 39: Histograma cerebro sano
(canal 1)

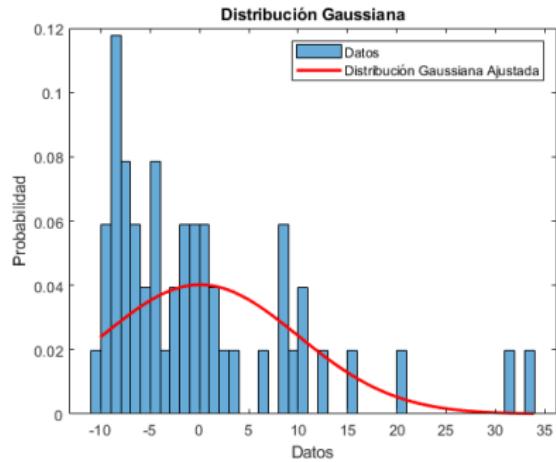


Figura 40: Histograma EA con 22 MMSE

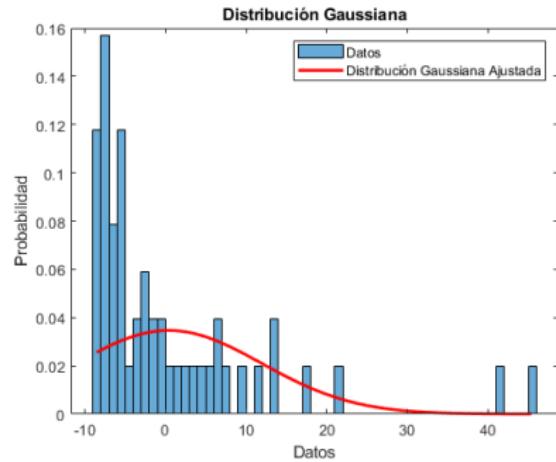


Figura 41: Histograma EA con 4 MMSE

Conclusión

El diagnóstico de EA mediante un EEG no es toda la información necesaria para poder decir si un paciente padece la enfermedad, ya que se pueden encontrar ciertos tipos de patrones en las señales, pero eso generalmente no porta la suficiente información para diferenciar una patología con otra, por ejemplo, vemos una baja actividad cerebral en los canales centrales, pero eso no fue suficiente ya que eso puede ser consecuencia de alguna otra enfermedad o algún tipo de daño o trauma.

Hacer un estudio más a fondo de la neurodegeneración hubiera sido interesante, pero eso no se puede ver tan fácilmente solo teniendo un estudio de PSD y de las señales EEG, se hubiera necesitado tener acceso a las imágenes producidas por MRI o PET de los pacientes, así mismo tener acceso a cuanta masa cerebral presentaban para hacer comparación de cuanta masa iban perdiendo a medida la enfermedad iba avanzado y tener una referencia de a que razón se iba perdiendo esa masa para intentar realizar una tendencia del proceso.