

# Estacionariedad débil en registros de polisomnográficos de adultos mayores, como posible marcador de deterioro cognitivo

Julio Cesar Enciso Alva

Licenciatura en Matemáticas Aplicadas

Seminario de investigación  
Junio de 2017



- 1 Introducción
  - Antecedentes
  - Objetivos
- 2 Conceptos
  - Fisiología
  - Matemáticas
- 3 Metodología
- 4 Resultados
  - Resultados principales

# Antecedentes

- Encuesta Intercensal 2015 (INEGI): 12,500,000 adultos mayores, 10.4 % de la población
- Posible relación trastornos del sueño y DC en la vejez
- Epidemiología del DC en Hidalgo: eficiencia del sueño
- DFA en registros de PSG: exponente de Hurst diferente en sujetos con y sin DC
- Se buscan marcadores clínicos para el diagnóstico de DC

# Pregunta de investigación

**¿Es posible que la caracterización de registros de PSG como series de tiempo débilmente estacionarias, pueda ser usada como un marcador en el diagnóstico clínico de PDC en adultos mayores?**

# Objetivos

**General:** Detectar, a partir de pruebas formales, la presencia de estacionariedad débil en registros de PSG para adultos mayores

- Específicos:**
- Estudiar la definición de estacionariedad y sus consecuencias en un modelo
  - Investigar cómo detectar si una serie de tiempo dada proviene de un proceso débilmente estacionario
  - Usando los análisis hallados, determinar si los datos considerados provienen de procesos débilmente estacionarios. Revisar si esta información muestra diferencias entre sujetos con y sin PDC

# Conceptos

**Adulto Mayor.** Individuo de 60 años o más

**Deterioro cognitivo leve<sup>1</sup>.** Alteración adquirida y prolongada de funciones cognitivas; no síndrome focal, no demencia

**Sueño.** Proceso vital cíclico complejo y activo; características:

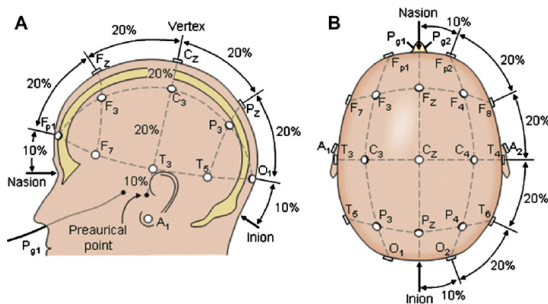
- Disminución de conciencia y reactividad
- Fácilmente reversible
- Inmovilidad muscular
- Periodicidad circadiana
- Postura estereotipada
- La privación induce alteraciones

---

<sup>1</sup>Usado como posible deterioro cognitivo (PDC)

# Conceptos

**Electroencefalograma.** Registro de las fluctuaciones en potenciales eléctricos en el cerebro



**Figura:** Sistema de referencia 10–20, recomendado por la International Federation of EEG Societies

# Conceptos

## Definición (Estacionariedad débil)

Se dice de un proceso estocástico  $\{X(t)\}$  si (...)

- $E[X(t)] = E[X(t + \tau)]$
- $E[X(t)X(s)] = E[X(t + \tau)X(s + \tau)]$

## Teorema

Un proceso estocástico es débilmente estacionario si y sólo si (...)

- $E[X(t)] = \mu_X$
- $\text{Var}(X(t)) = \sigma_X^2$
- $\text{Cov}(X(t), X(s)) = \rho_X(s - t)$

Con  $\mu_X$ ,  $\sigma_X^2$  constantes,  $\rho_X(\tau)$  únicamente depende de  $\tau$

(...) = para cualesquiera tiempos admisibles  $t, s, t + \tau, s + \tau$

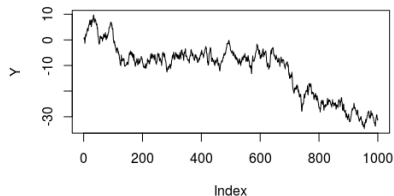
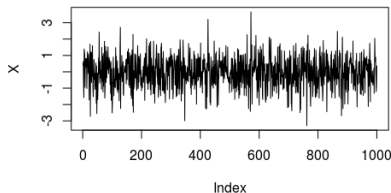


# Conceptos

## Definición (Continuidad estocástica en media cuadrática)

*Un proceso estocástico a tiempo continuo  $\{X(t)\}$  es estocásticamente continuo en un tiempo admisible  $t_0$  si y sólo si*

$$\lim_{t \rightarrow t_0} E \left[ (X(t) - X(t_0))^2 \right] = 0$$



# Conceptos

## Definición (Función de densidad espectral (SDF))

Sea  $\{X(t)\}$  un proceso estocástico at tiempo continuo, débilmente estacionario. Se define la SDF para  $\{X(t)\}$  como

$$h(\omega) = \lim_{T \rightarrow \infty} \text{E} \left[ \frac{1}{2T} \frac{1}{2\pi} \left| \int_{-T}^T X(t) e^{-i\omega t} dt \right|^2 \right]$$

9 participantes cumplieron los criterios de exclusión y procedieron al registro de PSG:

- Firma del consentimiento informado
- Edad entre 60 y 85 años
- Diestros (mano derecha dominante)
- Sin ansiedad, depresión o síndromes focales
- No usar medicamentos o sustancias para dormir
- Voluntario para el registro de PSG

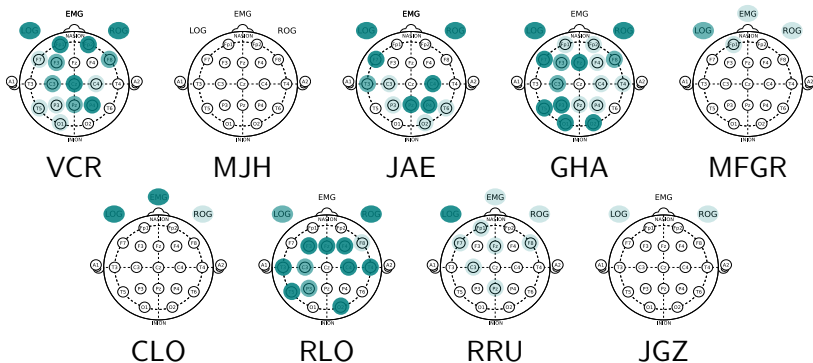
# Resultados principales

- Cada época fue clasificada 'posiblemente estacionaria' (PE) no se rechaza la hipótesis de estacionariedad ( $\alpha < 0.05$ ) en PSR
- Debido a la variabilidad entre sujetos, se consideró la proporción de épocas PE en cada etapa

$$\% \text{ épocas PE} = \frac{\# \text{ épocas PE en MOR}}{\# \text{ épocas en MOR}}$$

- Las proporciones se compararon:
  - MOR vs NMOR (individual y grupal)
  - Grupo Control vs Grupo PDC (en cada etapa de sueño)

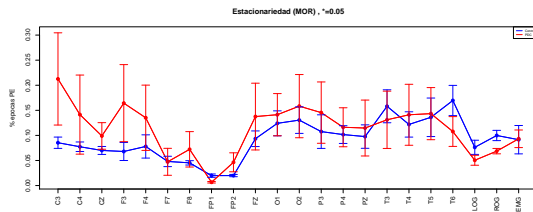
## MOR vs NMOR, individual



**Figura:** En azul las zonas donde se encontraron diferencias significativas

# Gpo. Control vs Gpo. PDC

## MOR



## NMOR

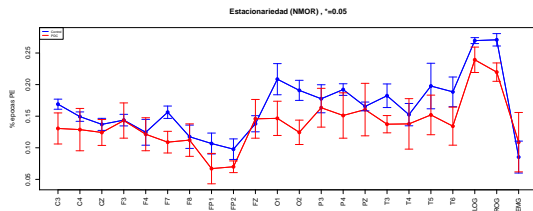
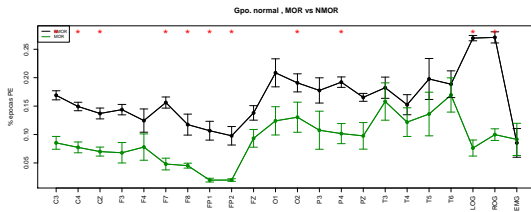


Figura: Promedio  $\pm$  1 desviación estándar. Control: azul, PDC: rojo.

# MOR vs NMOR, grupal

## Gpo. Control



## Gpo. PDC

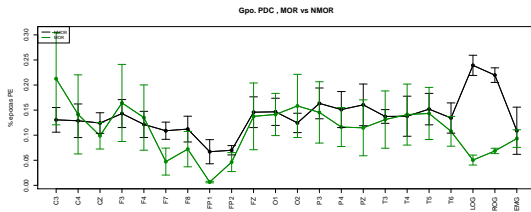
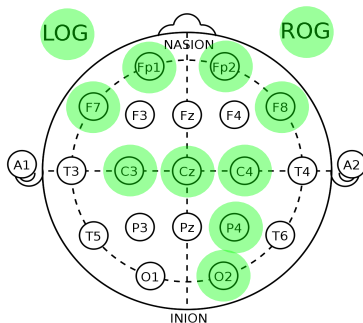


Figura: Promedio  $\pm$  1 desviación estándar. MOR: verde, NMOR: negro.

# MOR vs NMOR, diferencias significativas



**Figura:** Sitios con diferencias significativas en la comparación entre el porcentaje de épocas PE durante sueño MOR y NMOR, para el grupo Control