

Estacionariedad débil en registros polisomnográficos de adultos mayores

Julio Cesar Enciso Alva

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

6 de Diciembre de 2017

Antecedentes

- Censo Población y Vivienda 2010: 10 millones de AM¹
 - Encuesta Intercensal 2015: 12 y medio millones de AM²
- Posible relación: DC en AM y trastornos del sueño³
- Posible relación: PDC en AM y atrofia del hipocampo + cambios en el EEG⁴
- Epidemiología del DC en Hidalgo: eficiencia del sueño⁵

¹Censo10.

²Intercensal15.

³Miyata13.

⁴Brayet16.

⁵VazquezTagle16.

Deterioro Cognitivo

Definición (Demencia)

Síndrome que consiste en el desarrollo de déficit cognoscitivos suficientemente graves como para interferir significativamente en las actividades laborales y sociales, respecto al nivel de actividad previo.

Los sujetos con demencia tienen una baja capacidad para aprender información nueva y suelen olvidar lo aprendido anteriormente, siendo éste el síntoma más prominente^a.

^aDCM5.

Pruebas neuropsicológicas

- Estado cognoscitivo general
 - Evaluación Neuropsicológica (**Neuopsi**)
 - Mini Mental State Examination (**MMSE**)
- Detectar pseudodemencia depresiva y ansiedad
 - Escala breve para la detección de ansiedad del anciano (**SATS**)
 - Escala de Depresión Geriátrica (**GDS**)
- Detectar cambios en la vida cotidiana
 - Escala sobre las actividades cotidianas de la vida diaria (**KATZ**)

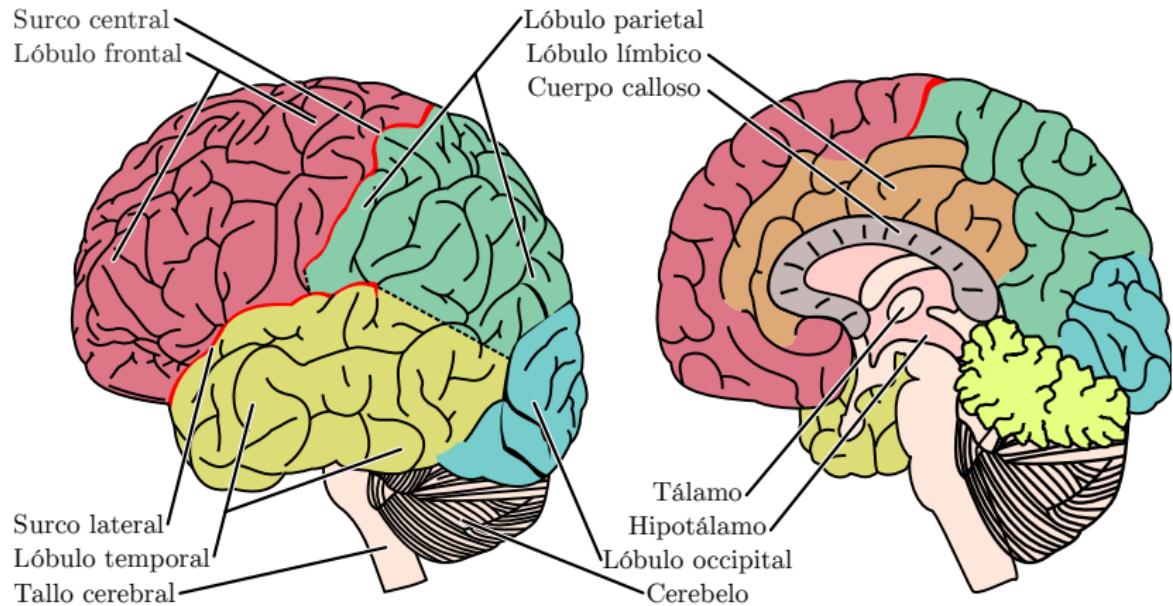
Conceptos

Sueño Proceso vital cíclico complejo y activo

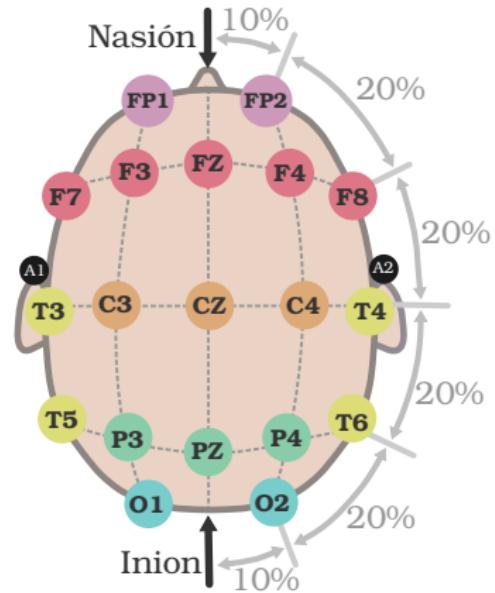
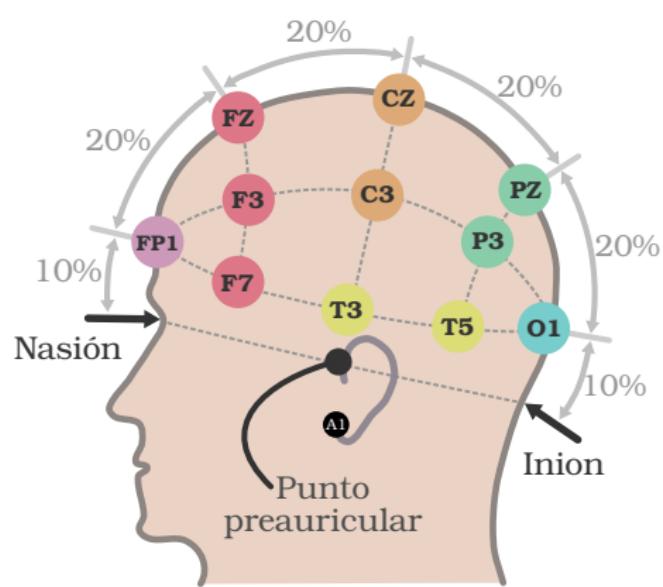
S. MOR Fase más profunda, alta actividad cerebral, se producen ensoñaciones, *sueño paradójico*

- Movimientos oculares rápidos
- Atonía muscular
- Actividad cerebral desincronizada

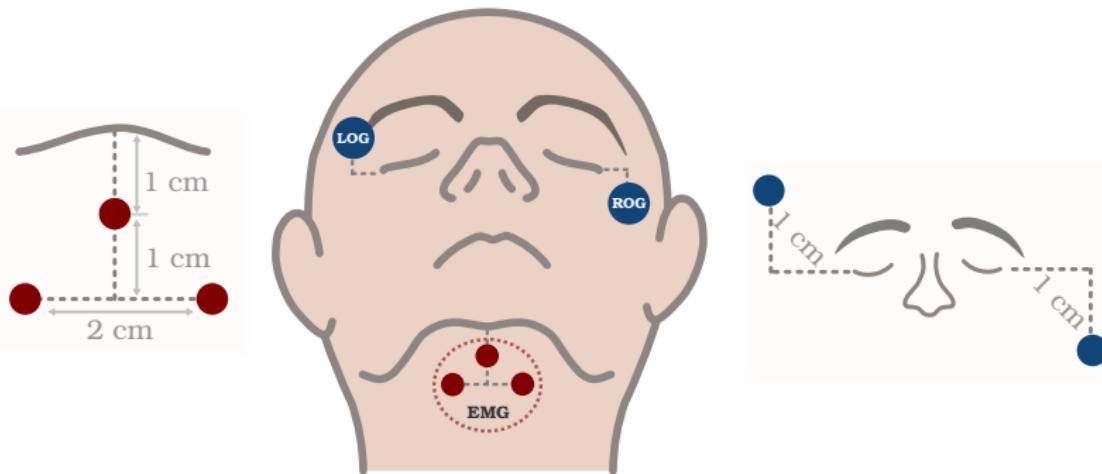
Sustrato fisiológico



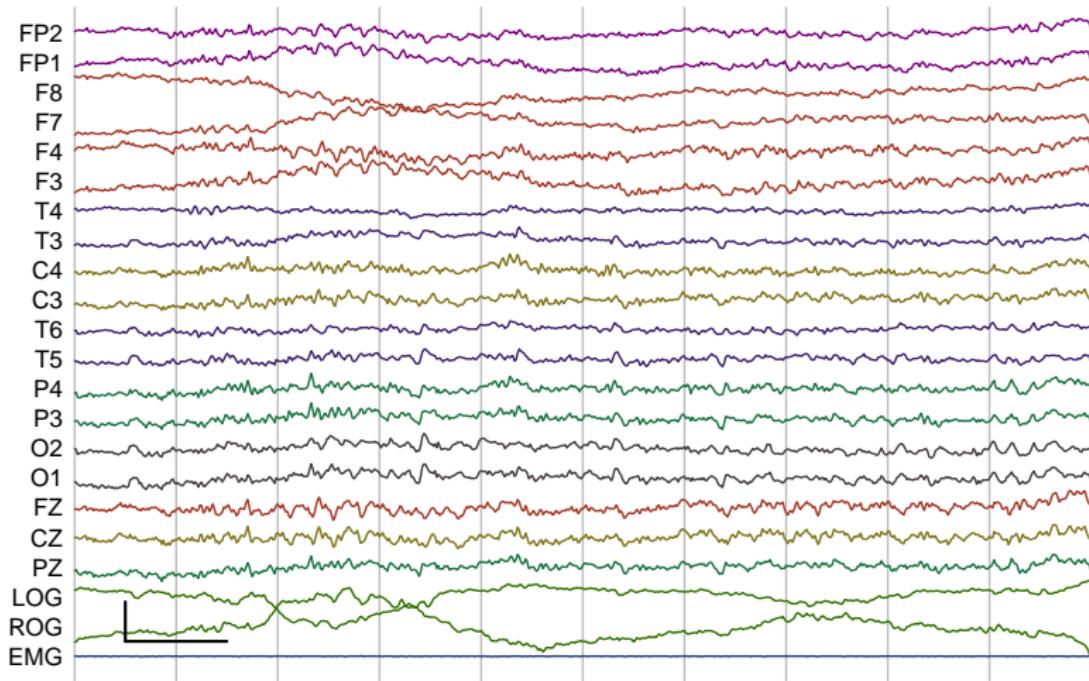
Polisomnograma: EEG



Polisomnograma: EOG + EMG



Registro de PSG



Conceptos

Definición (Función de densidad espectral, FDE)

Sea $\{X(t)\}$ un proceso estocástico a tiempo continuo, débilmente estacionario

$$h(\omega) = \lim_{T \rightarrow \infty} E \left[\frac{|G_T(\omega)|^2}{2T} \right]$$

Donde $G_T(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-T}^T X(t) e^{-i\omega t} dt$

Conceptos

Definición (Estacionariedad débil)

Un proceso estocástico es débilmente estacionario si y sólo si para cualesquiera tiempos admisibles t, s se tiene que

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

Con μ_X, σ_X^2 constantes, $\rho_X(\tau)$ únicamente depende de τ

Teorema (Wiener-Khinchin)

Una condición suficiente y necesaria para que ρ sea función de autocorrelación para algún proceso a tiempo continuo débilmente estacionario y estocásticamente continuo, $\{X(t)\}$, es que exista una función F tal que

- Es monótonamente creciente
- $F(-\infty) = 0$
- $F(+\infty) = 1$
- Para todo $\tau \in \mathbb{R}$ se cumple que

$$\rho(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\omega\tau} dF(\omega)$$

Representación de Wold-Cramér

Teorema

Sea $\{X(t)\}$ un proceso a tiempo continuo, débilmente estacionario, estocásticamente continuo, de media 0 y varianza finita. Entonces, existe un proceso ortogonal $\{Z(\omega)\}$ tal que

$$X(t) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{it\omega} dZ(\omega)$$

El proceso $\{Z(t)\}$ cumple para todo ω

- $E[dZ(\omega)] = 0$
- $E[|dZ(\omega)|^2] = dH(\omega)$
- $Cov(dZ(\omega), dZ(\lambda)) = 0 \Leftrightarrow \omega \neq \lambda$

Con H la SDF integrada de $\{X(t)\}$

Espectro evolutivo

Se consideran procesos no-estacionarios, estocásticamente continuos, de media cero y varianza finita, y que admitan una representación de la forma

$$X(t) = \int_{-\pi}^{\pi} A(t, \omega) e^{it\omega} dZ(\omega)$$

tal que

- $\text{Cov}(dZ(\omega), dZ(\lambda)) = 0 \Leftrightarrow \omega \neq \lambda$
- $E[|dZ(\omega)|^2] = \mu(\omega)$

El **espectro evolutivo** fue definido por Priestley⁶ como

$$h(t, \omega) = |A(t, \omega)|^2$$

⁶Priestley65.

Definición (Estimador de doble ventana)

Se define a \widehat{h} , estimador para la h , como

$$\widehat{h}(t, \omega) = \int_{t-T}^t w_T(u) |U(t-u, \omega)|^2 du$$

- $U(t, \omega) = \int_{t-T}^t g(u) X(t-u) e^{i\omega(t-u)} du$
- $2\pi \int_{-\infty}^{\infty} |g(u)|^2 du = \int_{-\infty}^{\infty} |\Gamma(\omega)|^2 d\omega = 1$
- $w_\tau(t) \geq 0$ para cualesquiera t, τ
- $w_\tau(t) \rightarrow 0$ cuando $|t| \rightarrow \infty$, para todo τ
- $\int_{-\infty}^{\infty} w_\tau(t) dt = 1$ para todo τ
- $\int_{-\infty}^{\infty} (w_\tau(t))^2 dt < \infty$ para todo τ
- $\exists C$ tal que $\lim_{\tau \rightarrow \infty} \tau \int_{-\infty}^t |W_\tau(\lambda)|^2 d\lambda = C$

Proposición

El estimador $Y(t, \omega) = \log(\hat{h}(t, \omega))$ satisface que

- $E[Y(t, \omega)] \approx \log(h(t, \omega))$
- $\text{Var}(Y(T, \omega)) \approx \frac{C}{\tau} \int_{-\infty}^{\infty} |\Gamma(\theta)|^4 d\theta$

Más aún, puede escribirse

$$Y(t, \omega) = \log(f(t, \omega)) + \varepsilon(t, \omega)$$

donde las variables $\varepsilon(t, \omega)$ satisfacen que

- $E[\varepsilon(t, \omega)] = 0$
- $\text{Var}(\varepsilon(t, \omega)) \approx \frac{C}{\tau} \int_{-\infty}^{\infty} |\Gamma(\theta)|^4 d\theta$

Sujetos

Criterios de inclusión:

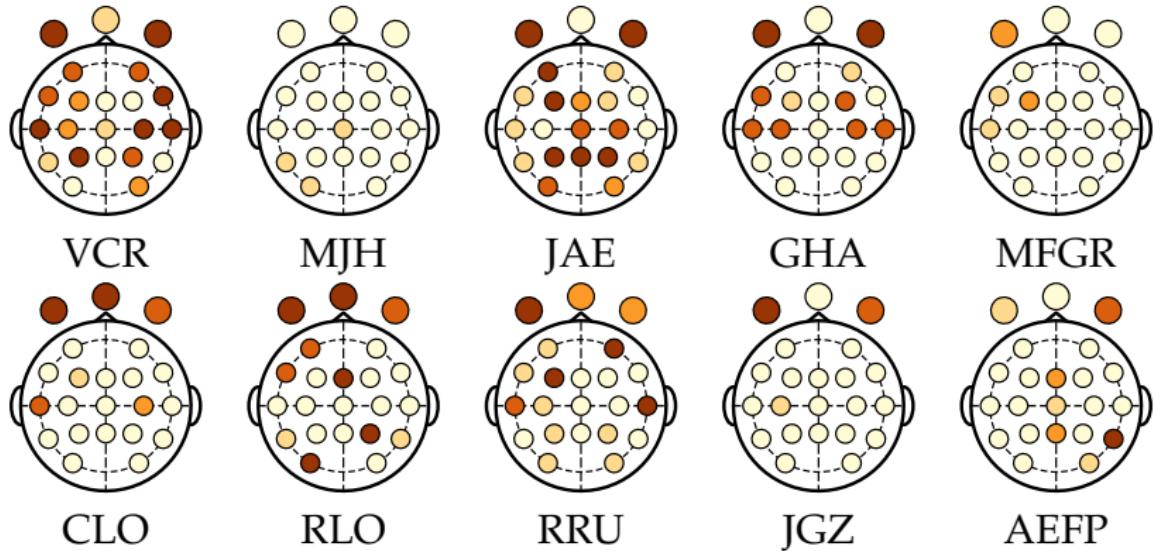
- Firma del consentimiento informado
- Edad entre 60 y 85 años
- Diestros (mano derecha dominante)
- Sin ansiedad, depresión o síndromes focales
- No usar medicamentos o sustancias para dormir
- Voluntario para el registro de PSG

10 participantes: 5 CTL, 5 PDC

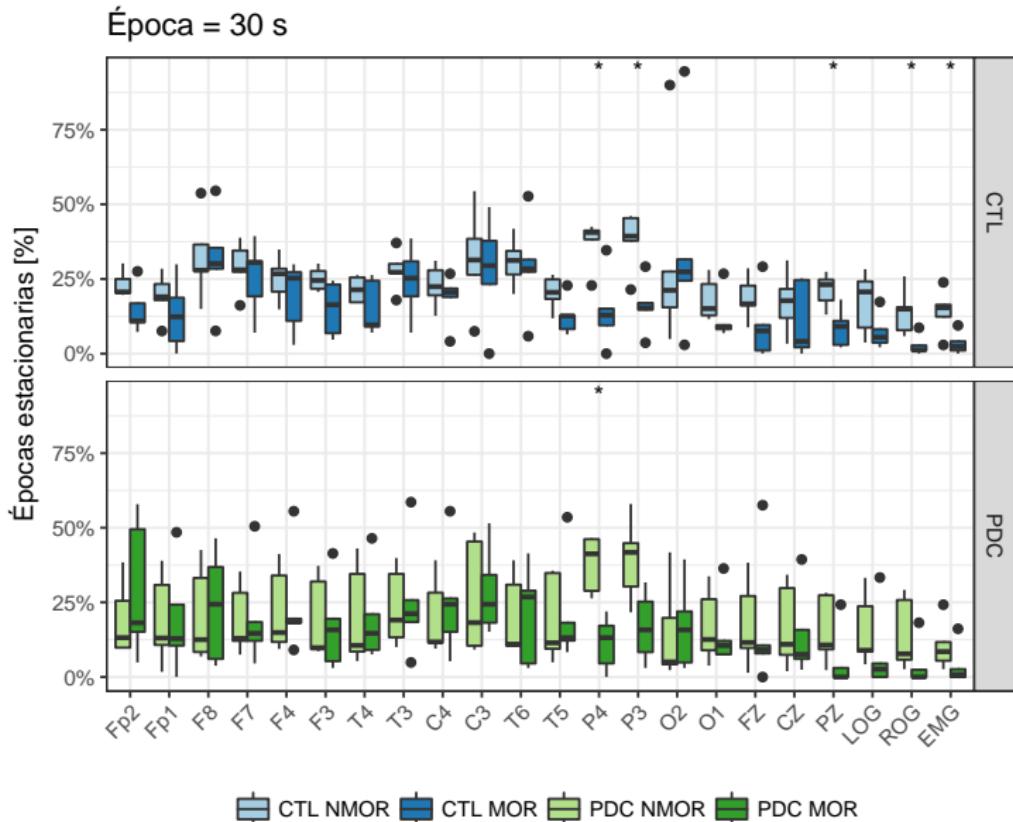
Análisis de estacionariedad

- Cada época fue clasificada **estacionaria en el sentido de PSR** no se rechaza la hipótesis de estacionariedad ($\alpha < 0.05$)
- Debido a la variabilidad entre sujetos, se consideró la proporción de épocas estacionarias
- El énfasis de las comparaciones es entre MOR y NMOR

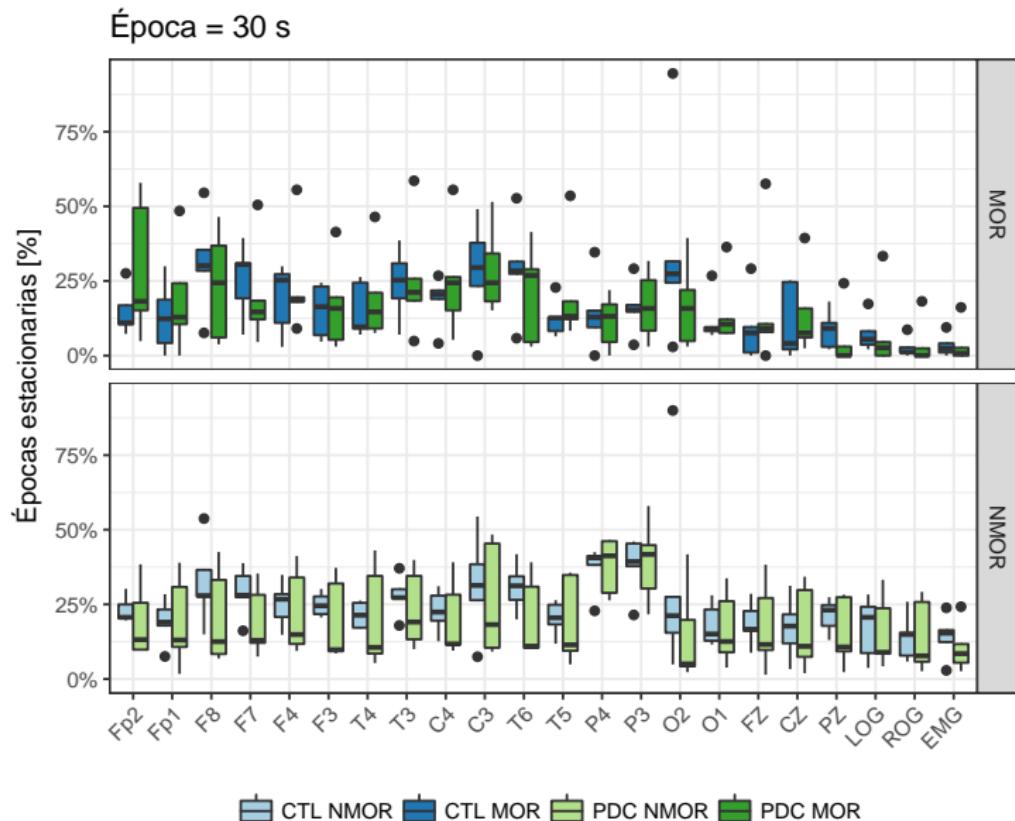
MOR vs NMOR, individual



MOR vs NMOR, grupal

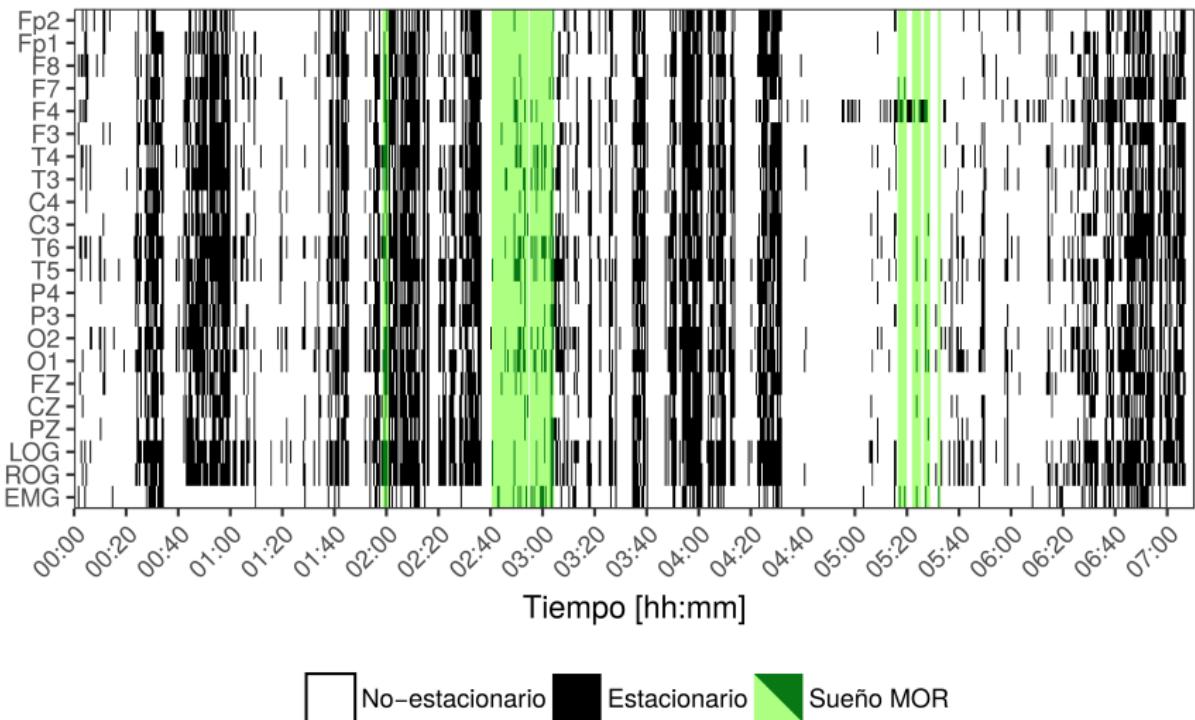


Gpo. Control vs Gpo. PDC



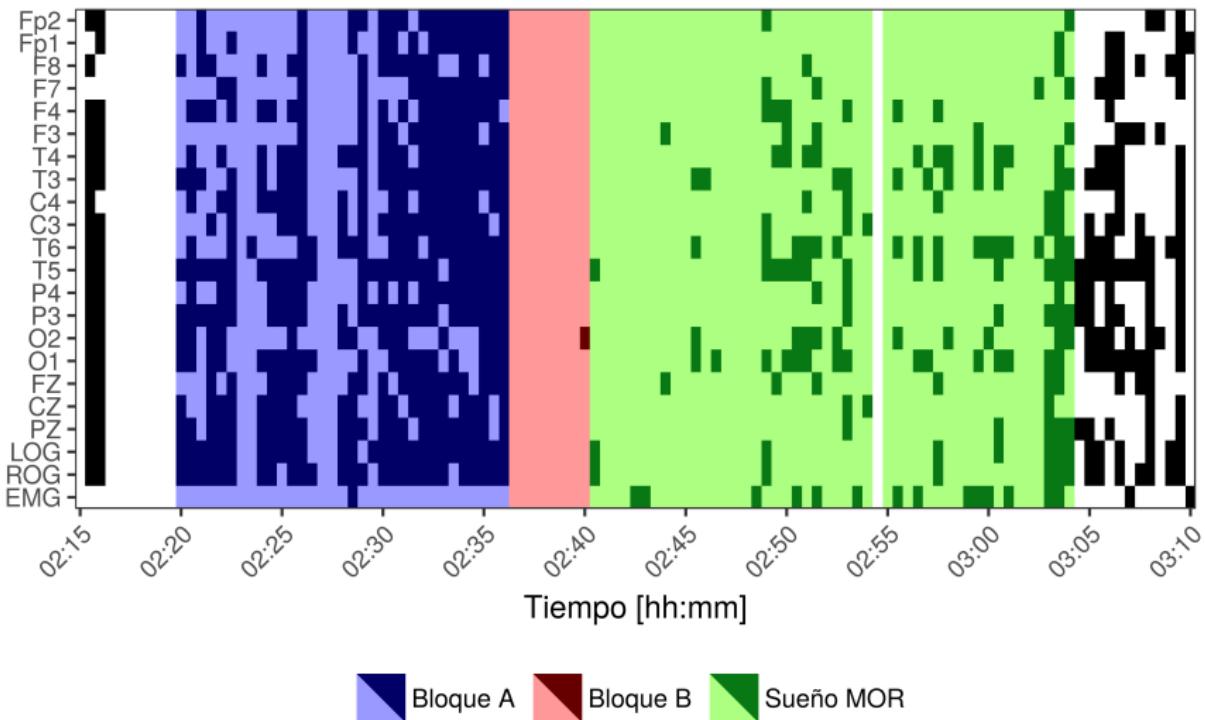
Patrones visuales

Participante: VCR | Grupo: CTL

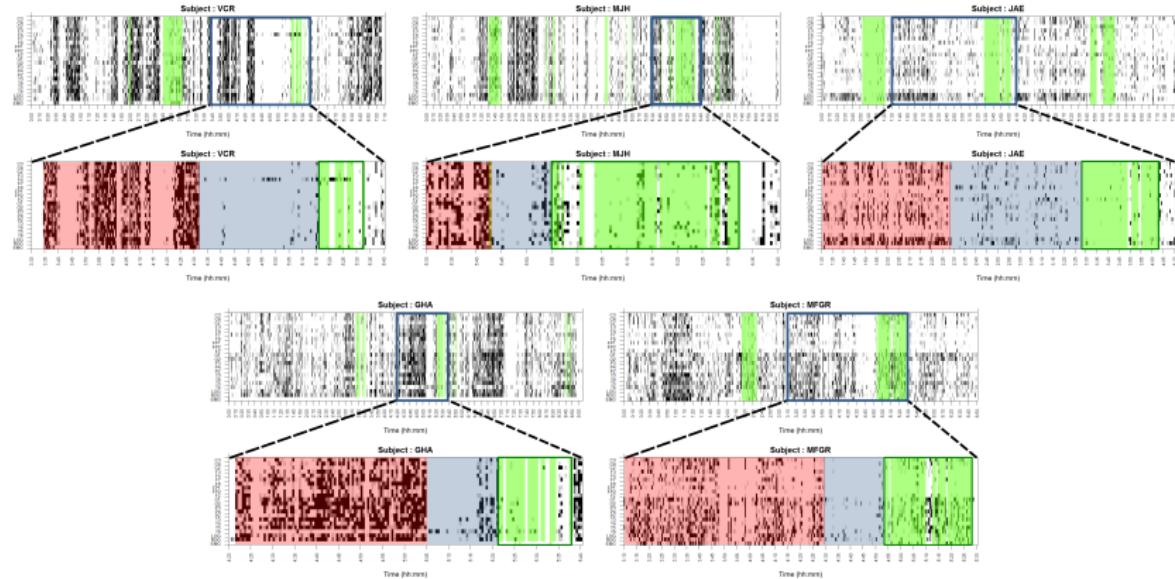


Patrones visuales: sueño MOR

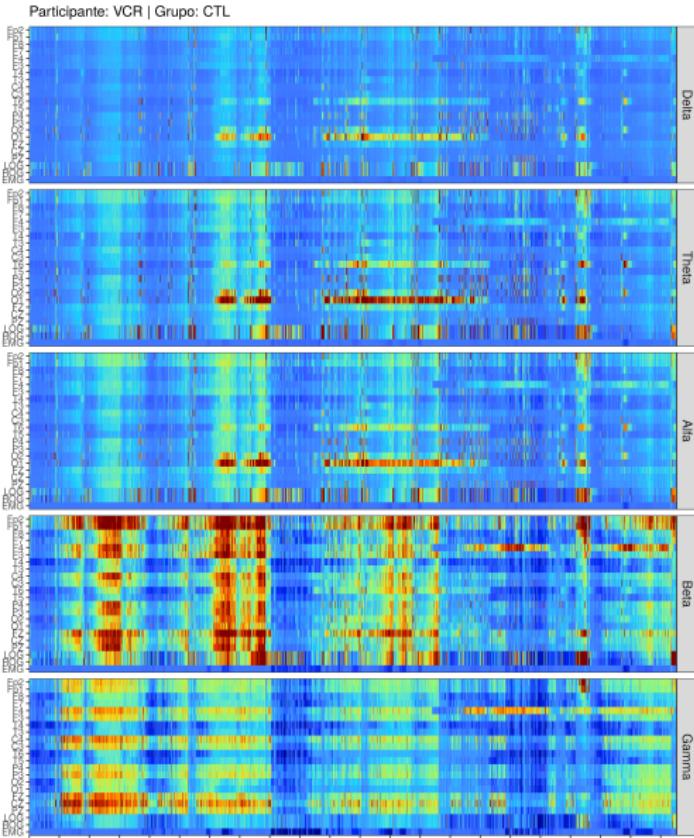
Participante: VCR | Grupo: CTL



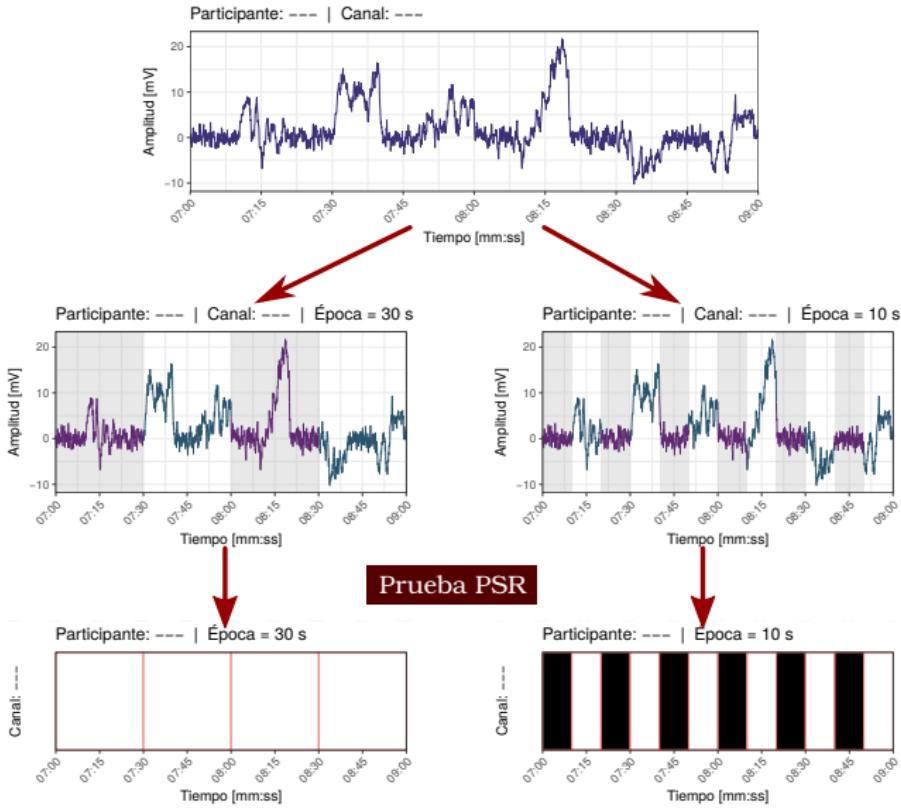
Los patrones son consistentes



Estacionariedad y espectro de potencias



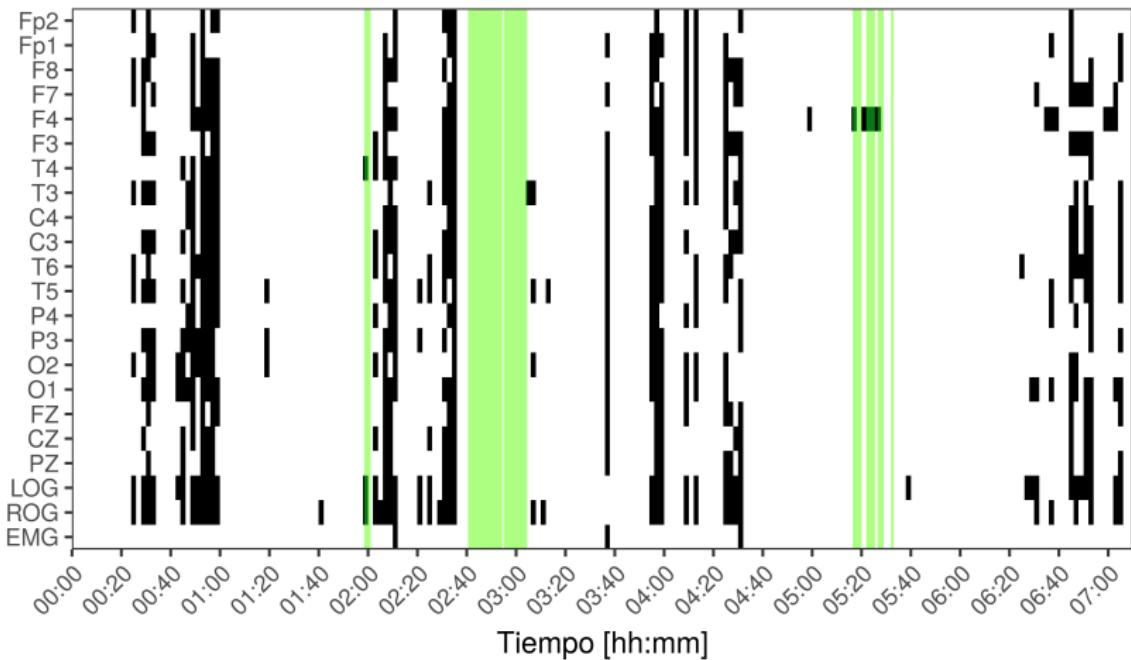
Diferentes tamaños de ventana



¿Ventanas muy grandes?

Participante: VCR | Grupo: CTL

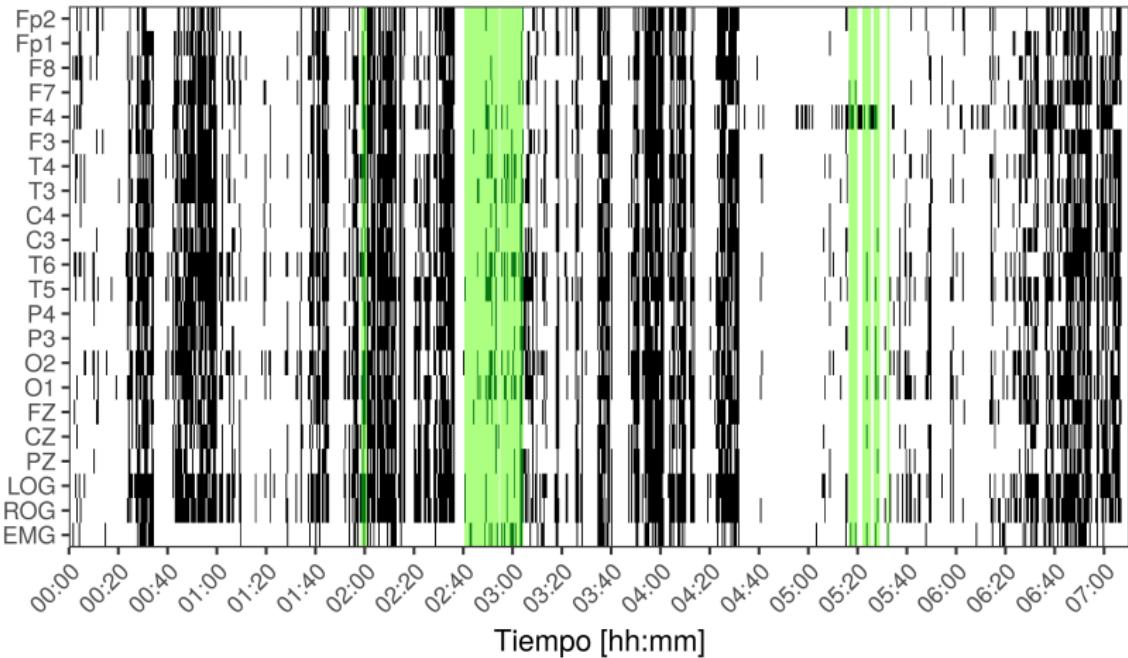
Época = 120



Ventanas de tamaño estándar

Participante: VCR | Grupo: CTL

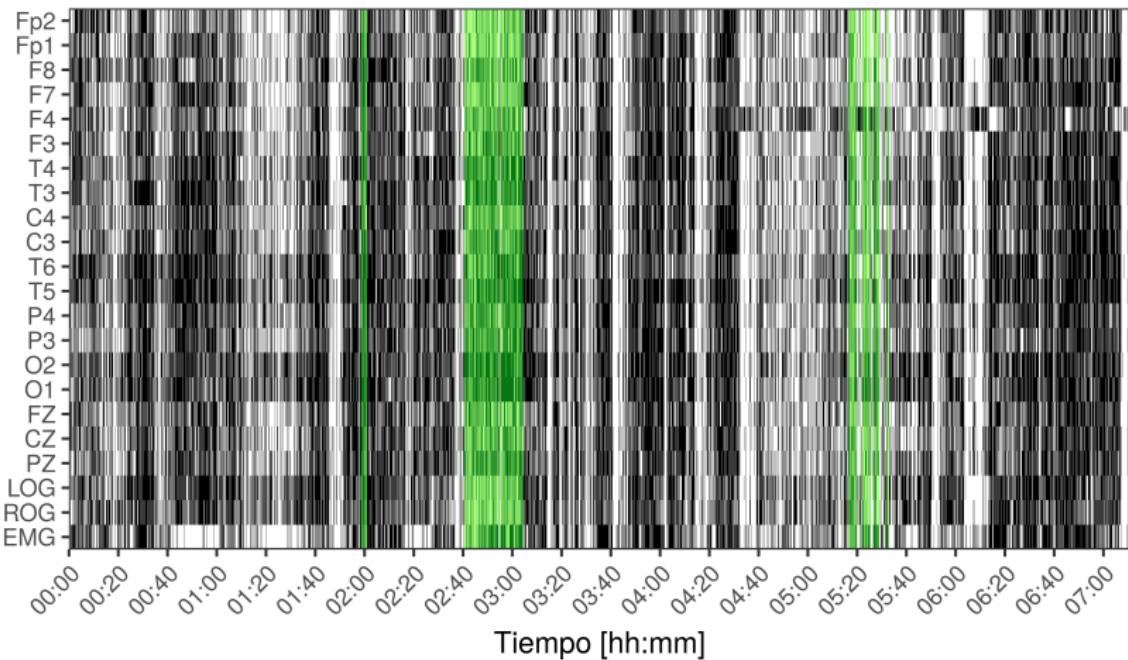
Época = 30



¿Ventanas muy chicas?

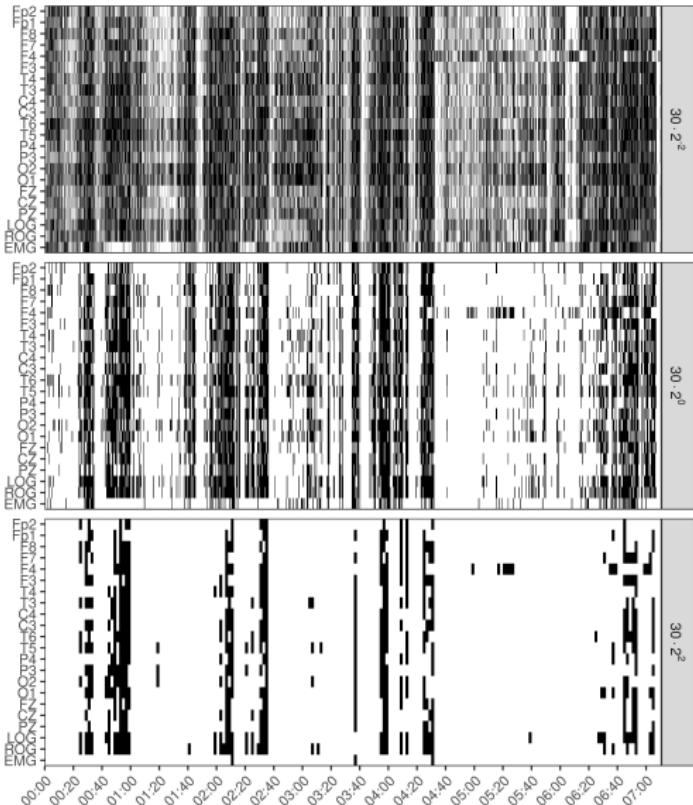
Participante: VCR | Grupo: CTL

Época = 7.5

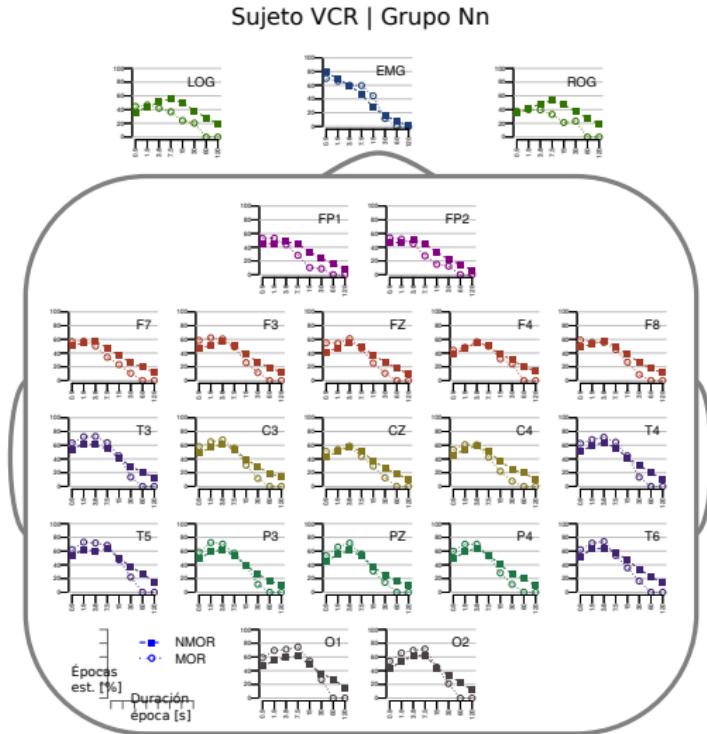


Escalamiento y homogeneidad

Participante: VCR | Grupo: CTL



¡Series de tiempo cortas y no-estacionarias!



Conclusiones

- Presencia proporcional de estacionariedad débil, significativamente diferente en MOR vs NMOR en grupo Control
- Patrones visuales, predicen parcialmente sueño MOR
- Registros de PSG en AM, localmente estacionarias

Gracias por su atención

El cerebro es, quizá,
el único órgano del
cuerpo humano capaz
de estudiarse
así mismo

