

Modelación de la Especialización Hemisférica del Cerebro para Frecuencias Espaciales a través de Campos Receptivos Poblacionales

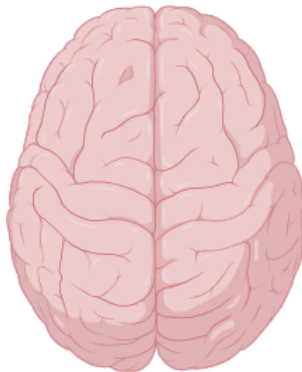
Marié del Valle Reyes

Tutores:

Dr. Mitchell Valdes Sosa
MSc. Ania Mesa Rodríguez

El Cerebro

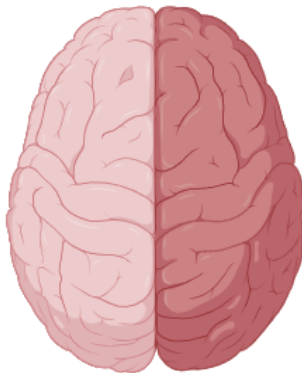
Sistema complejo que regula y controla la mayoría de las funciones del cuerpo y la mente.



Se encarga de recibir, interpretar y responder a los estímulos del entorno.

Especialización hemisférica en la percepción visual

Hemisferio Izquierdo



Hemisferio Derecho

Niveles organizativos de las imágenes visuales



Global

Percibir y procesar el conjunto o configuración general del estímulo visual.



Local

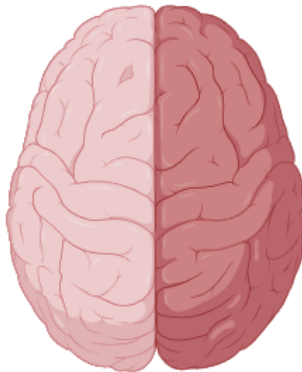
Analizar y procesar los detalles específicos de un estímulo visual.

Asimetría hemisférica en la percepción global/local

Hemisferio Izquierdo



Percepción Local

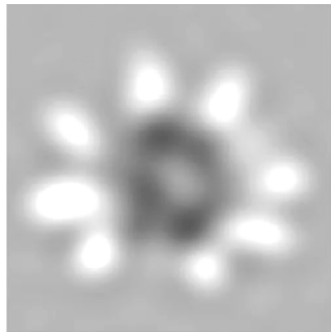


Hemisferio Derecho



Percepción Global

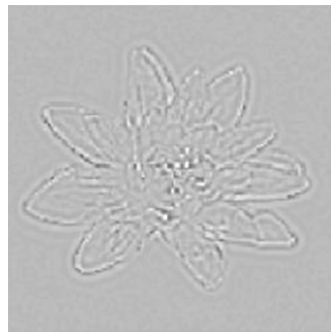
Descomposición de imágenes en componentes con diferentes frecuencias espaciales



Solo Frecuencias Bajas

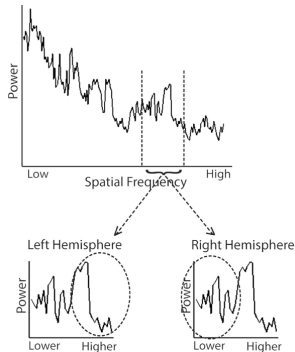


Original



Solo Frecuencias Altas

Teoría del Doble Filtrado por Frecuencia



- 1 Seleccionar un rango de operación.
- 2 Distribuir la información a los dos hemisferios.

Figura: Tomado de Flevaris and Robertson (2016)

Lateralización hemisférica respecto a frecuencias espaciales de estímulos visuales

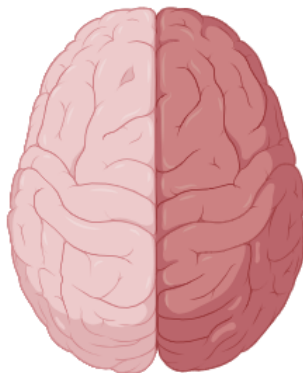
Hemisferio Izquierdo



Percepción Local



**Frecuencias Espaciales
Altas**



Hemisferio Derecho



Percepción Global



**Frecuencias Espaciales
Bajas**

A pesar de lo atractivo de la teoría anterior, no se han identificado los mecanismos neurales que expliquen esta lateralización hemisférica del cerebro en la percepción visual.

A pesar de lo atractivo de la teoría anterior, no se han identificado los mecanismos neurales que expliquen esta lateralización hemisférica del cerebro en la percepción visual.

La solución posiblemente este en la modelación de **campos receptivos poblacionales** y **mapas retinotópicos**.

Existen más de 12 áreas visuales con mapas retinotópicos

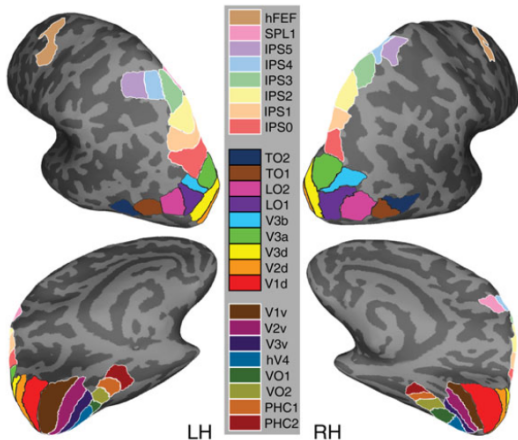
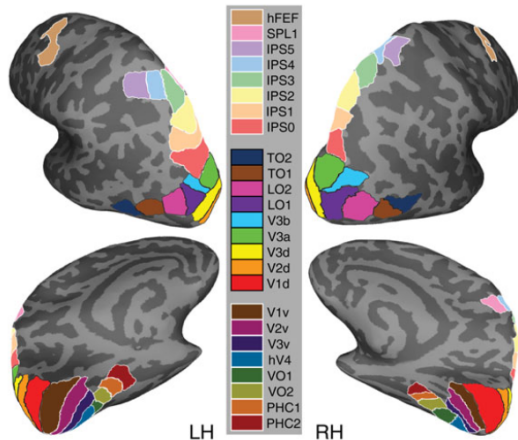


Figura: Tomado de Wang et al. (2015)

Existen más de 12 áreas visuales con mapas retinotópicos



¿En cuáles de estas áreas se presenta lateralización hemisférica?

Figura: Tomado de Wang et al. (2015)

Campos Receptivos de Poblaciones Neurales

Modelos matemáticos que cuantifican y describen cómo las neuronas en un vértice cortical responden a estímulos visuales. Estiman la **posición** y el **tamaño** del campo visual que afecta a un vértice cortical.

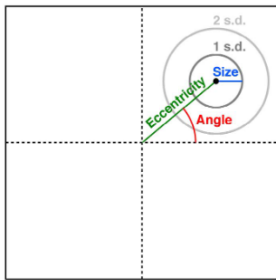


Figura: Tomado de Benson et al. (2018)

Campos Receptivos de Poblaciones Neurales

Modelos matemáticos que cuantifican y describen cómo las neuronas en un vértice cortical responden a estímulos visuales. Estiman la **posición** y el **tamaño** del campo visual que afecta a un vértice cortical.

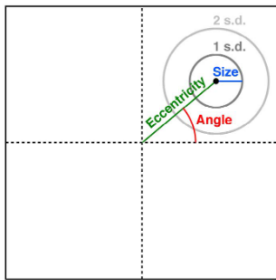


Figura: Tomado de Benson et al. (2018)

¿En qué difieren las propiedades de los campos receptivos en ambos hemisferios?

Mapa Retinotópico Bayesiano

El **mapa bayesiano** combina:

- Mediciones promedio de la población.
- Mediciones específicas de un sujeto.

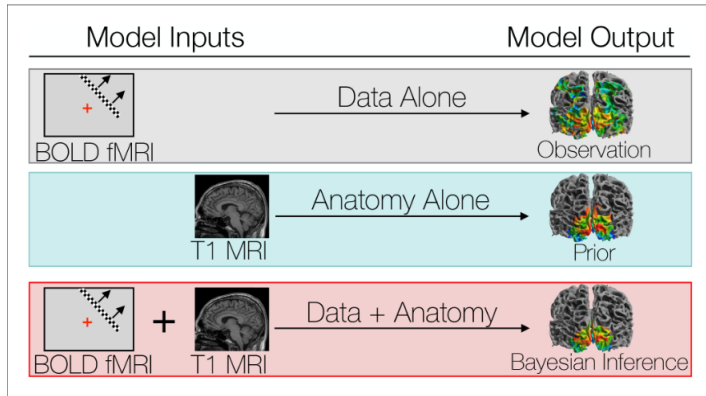


Figura: Tomado de Benson and Winawer (2018)

Objetivo General

El objetivo general de este estudio es analizar la especialización hemisférica del cerebro para frecuencias espaciales mediante campos receptivos poblacionales.

Objetivos Específicos

1. Aplicar modelos que estiman la frecuencia espacial preferida de los vértices corticales.
2. Implementar modelos estadísticos para explicar las diferencias en las frecuencias preferidas de los vértices corticales entre hemisferios.
3. Analizar la lateralización hemisférica en diferentes áreas visuales.

Datos

Se utilizaron datos de 12 sujetos medidos por Broderick et al. (2022) estimulados con rejillas con diferente frecuencias espaciales.

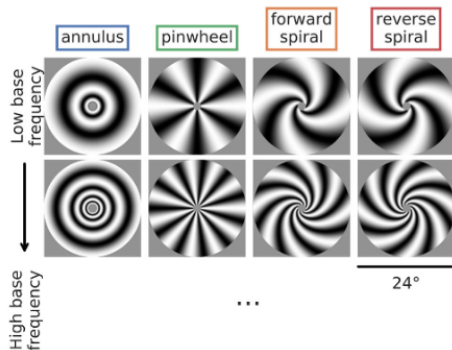


Figura: Tomado de Broderick et al. (2022)

Tipos de Datos

Utilizando Resonancia Magnética Funcional se obtuvieron:

- Estimaciones de amplitud de respuesta de las activaciones neuronales, a los estímulos visuales.
- Soluciones de los *Campos Receptivos de Poblaciones Neurales* (pRFs).
- *Mapas Retinotópicos Bayesianos*.

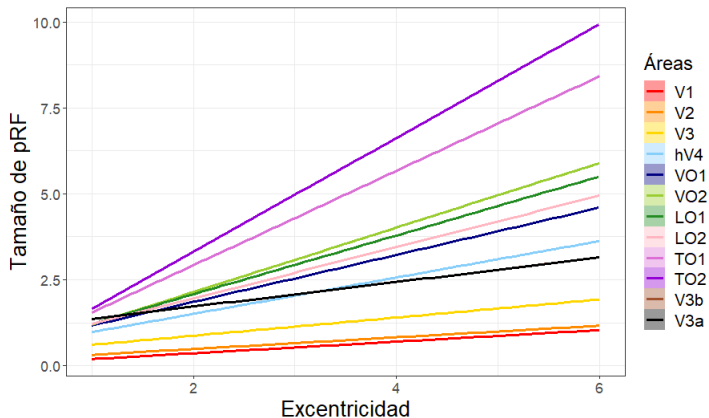
Estimación de período preferido de Broderick et al. (2022)

$$\hat{\beta}_b(w_l) = A_b \cdot \exp \left(\frac{-(\log_2(w_l) + \log_2(p_b))^2}{2\sigma_b^2} \right)$$

- $\hat{\beta}_b(w_l)$: Respuesta neurales promedio en el intervalo de excentricidad b a la frecuencia espacial w_l .
- A_b : Ganancia de respuesta.
- p_b : Período preferido.
- σ_b : Ancho de banda medido en octavas.

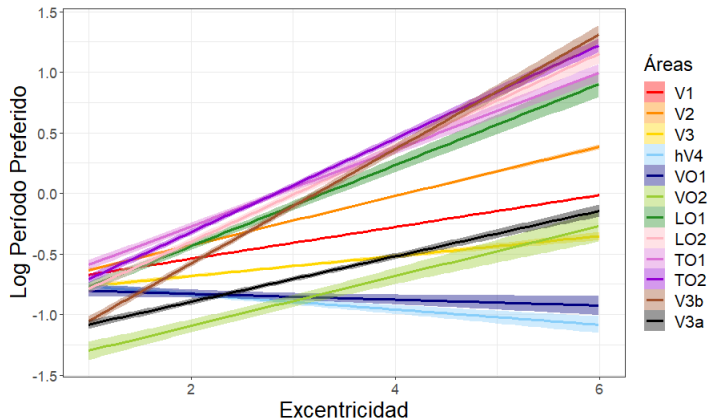
Resultados

Tamaño de pRF crece con la excentricidad



- El tamaño de los pRFs crece con la excentricidad.
- La pendiente es mayor en áreas visuales superiores (TO2).

Período preferido y excentricidad



- Período preferido crece en mayoría de áreas.
- Pendiente mayor en áreas visuales superiores.

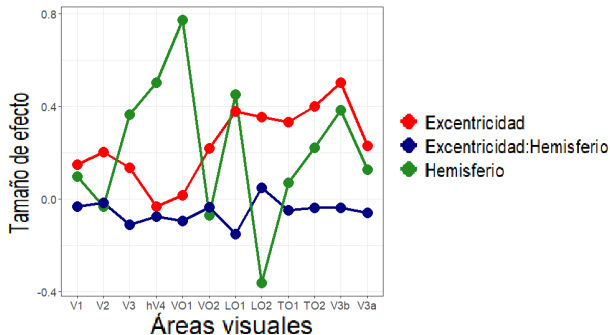
Modelo lineal mixto para período preferido de vértices corticales

Se construyó un modelo lineal mixto que explica las relaciones anteriores, así como la lateralización hemisférica del cerebro.

$$\text{Período Preferido} \sim \text{Excentricidad} \times \text{Hemisferio} + (1|\text{Sujeto}) + (1|\text{Estímulo})$$

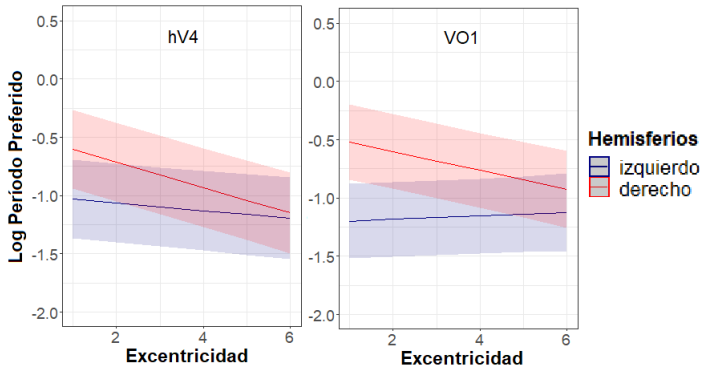
Tamaño de efecto de variables fijas del modelo

- Efecto de la **excentricidad** notable en áreas superiores como TO1 y TO2.
- La interacción **excentricidad:hemisferio** es pequeña en todas las áreas.
- Efecto del **hemisferio** es grande en hV4, VO1, LO1 y muy pequeño en LO2.



Resultados del modelo respecto a los hemisferios

La diferencia entre hemisferios es más pronunciada en las áreas hV4 y VO1.



Conclusiones

Conclusiones

1. Se estimó el período preferido (el inverso de la frecuencia espacial preferida) de los vértices corticales en diferentes áreas visuales.

Conclusiones

1. Se estimó el período preferido (el inverso de la frecuencia espacial preferida) de los vértices corticales en diferentes áreas visuales.
2. Se utilizó un modelo lineal mixto para interpretar los resultados del período preferido estimado.

Conclusiones

1. Se estimó el período preferido (el inverso de la frecuencia espacial preferida) de los vértices corticales en diferentes áreas visuales.
2. Se utilizó un modelo lineal mixto para interpretar los resultados del período preferido estimado.
3. Se observó que el período preferido de los vértices corticales varía entre los hemisferios cerebrales en diversas áreas visuales, lo cual está en consonancia con datos neurofisiológicos y neuropsicológicos previos sobre la lateralización hemisférica.

Recomendaciones

Recomendaciones

1. Revisar los datos actuales utilizando diferentes atlas retinotópicos.

Recomendaciones

1. Revisar los datos actuales utilizando diferentes atlas retinotópicos.
2. Desarrollar simulaciones con redes neuronales convolucionales que incorporen los parámetros fisiológicos de este estudio.

Recomendaciones

1. Revisar los datos actuales utilizando diferentes atlas retinotópicos.
2. Desarrollar simulaciones con redes neuronales convolucionales que incorporen los parámetros fisiológicos de este estudio.
3. Aplicar la metodología de investigación a un conjunto de datos más amplio para obtener resultados más sólidos y confiables.

Recomendaciones

1. Revisar los datos actuales utilizando diferentes atlas retinotópicos.
2. Desarrollar simulaciones con redes neuronales convolucionales que incorporen los parámetros fisiológicos de este estudio.
3. Aplicar la metodología de investigación a un conjunto de datos más amplio para obtener resultados más sólidos y confiables.
4. Realizar experimentos de fMRI enfocados en medir la preferencia por distintas frecuencias espaciales en ambos hemisferios teniendo en cuenta la variación en el espectro de los estímulos visuales con la atención.

Preguntas

Preguntas

1. Valore como pudiera afectar los resultados obtenidos en este estudio la elección de otro tipo de atlas cerebral. ¿Es posible que la delimitación de las áreas juegue un papel en el subconjunto de resultados negativos del estudio?

Atlas Cerebral

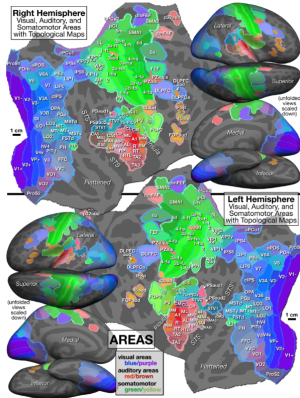


Figura: Tomado de Sereno et al. (2022)

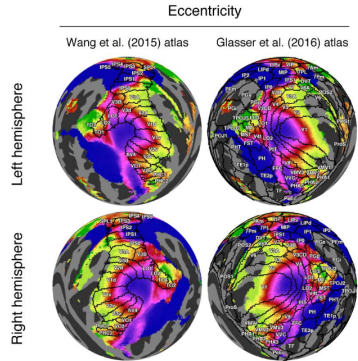
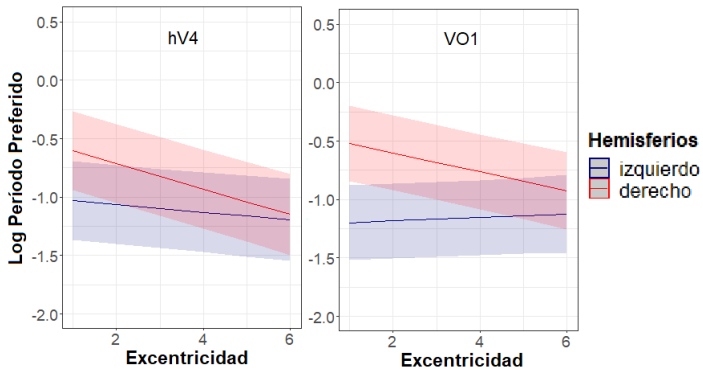


Figura: Tomado de Benson et al. (2018)

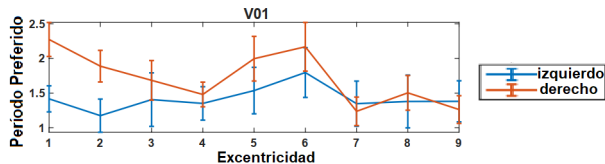
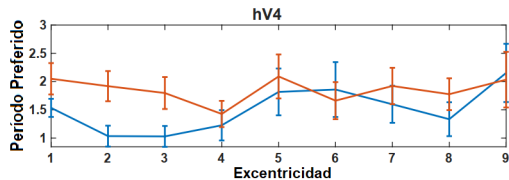
Preguntas

2. Resulta curioso que el efecto de disminución del logaritmo del período preferido con respecto a la excentricidad en hV4 y VO1 parece estar concentrado en el hemisferio derecho. ¿Pudiera comentar este resultado?

Resultado hemisferios en hV4 y VO1



Resultado hemisferios en hV4 y VO1



Referencias

- Benson, N. C., Jamison, K. W., Arcaro, M. J., Vu, A. T., Glasser, M. F., Coalson, T. S., Van Essen, D. C., Yacoub, E., Ugurbil, K., Winawer, J., and Kay, K. (2018). The Human Connectome Project 7 Tesla retinotopy dataset: Description and population receptive field analysis. *Journal of Vision*, 18(13):23.
- Benson, N. C. and Winawer, J. (2018). Bayesian analysis of retinotopic maps. *eLife*, 7:e40224.
- Broderick, W. F., Simoncelli, E. P., and Winawer, J. (2022). Mapping spatial frequency preferences across human primary visual cortex. *Journal of Vision*, 22(4):3.
- Flevaris, A. V. and Robertson, L. C. (2016). Spatial frequency selection and integration of global and local information in visual processing: A selective review and tribute to Shlomo Bentin. *Neuropsychologia*, 83:192–200.
- Sereno, M. I., Sood, M. R., and Huang, R.-S. (2022). Topological Maps and Brain Computations From Low to High. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 16.
- Wang, L., Mruczek, R. E., Arcaro, M. J., and Kastner, S. (2015). Probabilistic Maps of