

Mapeando la dinámica eléctrica del MagnetoEncefaloGrafía (MEG) con Estimulación Magnética Transcraneal (TMS): una mirada espacial Bayesiana

Diego C Nascimento¹, Osafu Augustine Egbon², Onno van der Groen³, Oilson Gonzzato-Jr², Francisco Louzada², Dylan Edwards^{3,4}

Corresponding Author: diego.nascimento@uda.cl

RESUMÉN

INTRODUCCIÓN: La estimulación magnética transcraneal (TMS, por sus siglas en inglés) es una tecnología en rápido crecimiento para la estimulación cerebral no invasiva que ha ganado considerable atención pública. La TMS se ha utilizado para investigar cambios en la plasticidad cerebral en salud y enfermedad. No obstante, existen estudios limitados que cuantifican la importancia del número de pulsos y la ubicación en el cerebro para lograr una respuesta óptima. **OBJETIVOS:** Estudiar la dinámica espacial y factores relacionados a aplicación de TMS vía modelos espaciales Gaussian Markov Random Field (GMRF). **METODOLOGÍA:** El modelo jerárquico bayesiano con dependencia espacial revela la heterogeneidad de la respuesta de los sujetos a la estimulación TMS de la corteza motora. Se adoptaron cuatro modelos espaciales (ICAR, BYM, LEROUX, SPDE), desarrollando un framework vía R Shiny, para analizar un pick-to-pick de la señal del potencial evocado motor derivado de la interacción provocada por los pulsos TMS entre el cerebro y el músculo interóseo dorsal derecho. Se analizaron datos obtenidos de cuatro participantes, utilizando una bobina TMS en forma de ocho, se aplicaron 10 pulsos consecutivos sobre una cuadrícula centrada en la corteza motora primaria (M1) de la mano. **RESULTADOS Y DISCUSIÓN:** Se encontró que el modelo espacial SPDE mostró un rendimiento óptimo y resolución espacial, y acomodó la multimodalidad hacia respuestas EMG de alto pick-to-pick. Los hallazgos mostraron que la corteza motora primaria produjo un potencial evocado motor pick-to-pick relativamente alto y que el punto caliente de la respuesta motora es una región en lugar de un solo punto sobre la corteza motora. **CONCLUSIONES:** Este trabajo cuantificó el efecto de la corteza motora primaria en el mapeo motor TMS, además, se estimó el número significativo de estimulaciones necesarias para obtener un potencial evocado motor óptimo por participante, y la evidencia estadística mostró que hasta 5 repeticiones deberían producir una respuesta significativa.

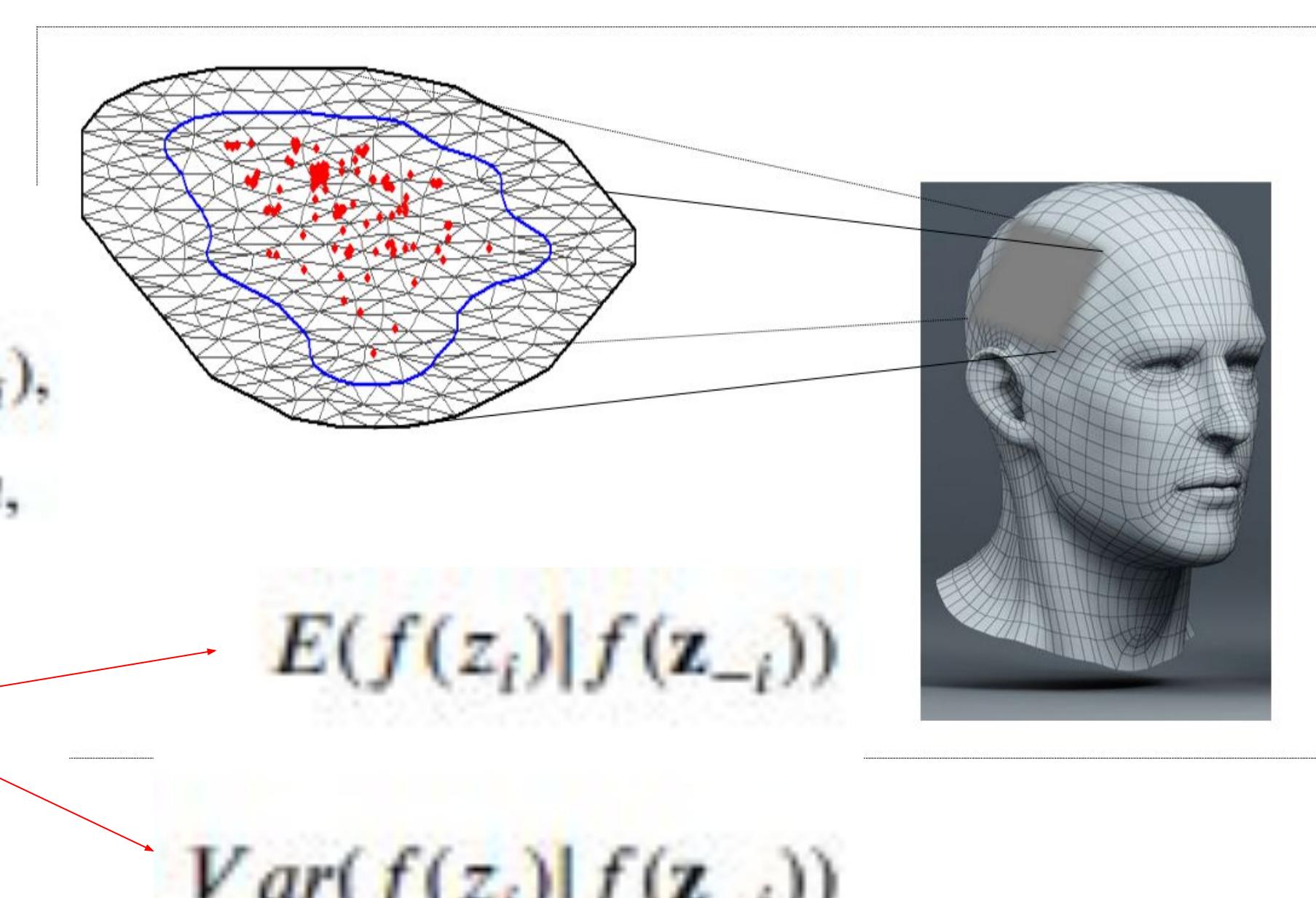
INTRODUCCIÓN

La Estimulación Magnética Transcraneal (TMS) es un tipo de estimulación cerebral no invasiva (NIBS). La TMS aplica un campo magnético fuerte y variable en el tiempo, lo que induce una corriente eléctrica en el tejido neural subyacente. Esto es útil para estudiar el funcionamiento cerebral en sujetos sanos y enfermos (Hallett, 2000), como herramienta para ayudar a predecir los resultados de recuperación después de un accidente cerebrovascular (Stinear et. al 2017), y como una intervención para modular la actividad cerebral.

La naturaleza no invasiva de la TMS provoca la despolarización de un grupo de conjuntos neuronales, lo que podría generar heterogeneidad espacial o correlación entre diferentes lugares de estimulación, y podría contener suficiente información para mejorar la precisión de la evaluación de la integridad o excitabilidad de la vía corticospinal motora.

METODOLOGÍA

Tener en cuenta las diferencias biológicas y socioeconómicas individuales requiere la inclusión de características observadas (efectos fijos) y características latentes (efectos aleatorios) dentro de un marco de modelado jerárquico. Todos los modelos implementados en este estudio utilizaron el paquete R-INLA en R (Martins, Simpson, Lindgren y Rue, 2013) para realizar análisis estadísticos espaciales bayesianos y obtener una distribución de estimación de probabilidad máxima a posteriori (MAP) del hotspot (el área cortical más probable de respuesta MEP).

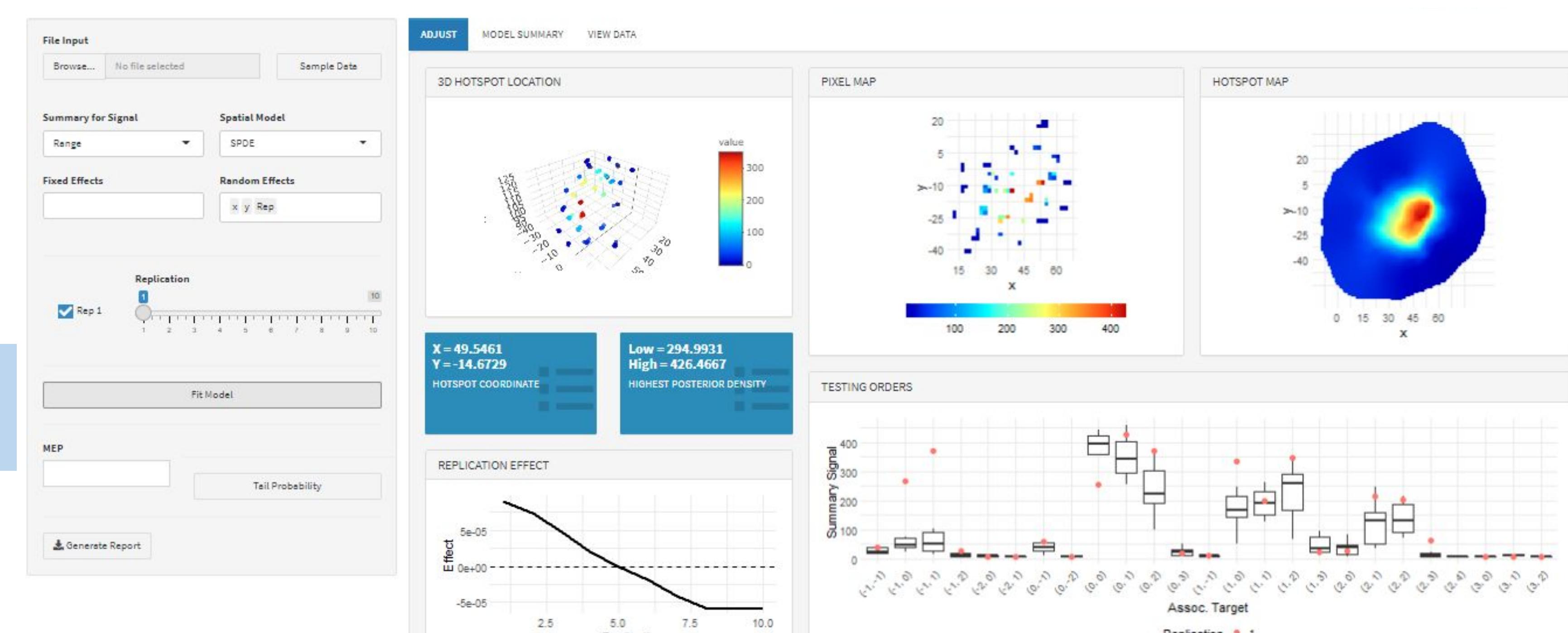


Cuatro modelos espaciales se utilizaron para llevar a cabo un análisis bayesiano con el fin de identificar la ubicación del punto caliente, hacer inferencias y realizar pruebas de hipótesis sobre la ubicación espacial estimada a posteriori del MAP: el modelo Autorregresivo Condicional Intrínseco (ICAR) (Besag, 1974), BYM (Besag, York y Mollié, 1991), el modelo Leroux-CAR (Lei y Breslow, 2000) y el modelo de Ecuación Diferencial Parcial Estocástica (SPDE) (Lindgren, Rue y Lindström, 2011).

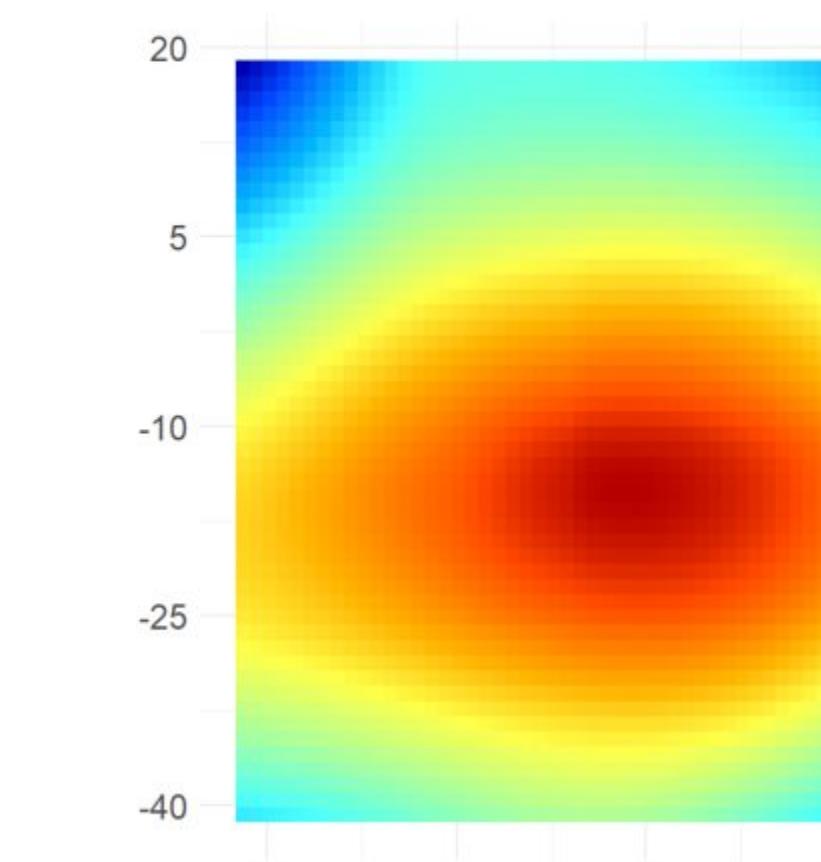
La posición de la cabeza del participante y la bobina de la TMS se mantuvo a 2 mm y se monitorea constantemente en tiempo real. Una cuadrícula (espaciado de 1 cm; 11x11) se centró sobre la corteza motora primaria (M1) de la mano. El punto de partida fue el centro de la cuadrícula (0,0). Desde allí nos movimos hacia adelante y hacia atrás, y se recolectaron 10 pulsos en cada ubicación. La dirección de movimiento se cambiaba cuando ya no se podían recolectar MEPs, es decir, cuando no se obtenían respuestas $\geq 0,05 \text{ mV}$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

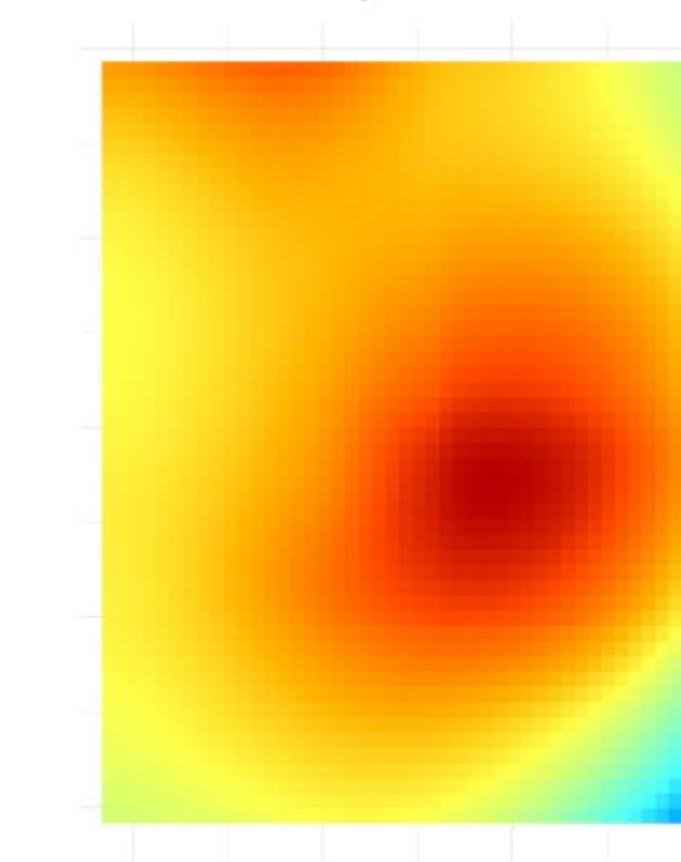
Los datos obtenidos utilizados en este estudio fueron aprobados por el comité de ética de St John of God Healthcare Human Research Ethics Committee (HREC, 1474) y la aprobación ética recíproca por ECU HREC (2019-00023). Se obtuvo el consentimiento informado por escrito de 4 sujetos diestros (hombres, de 58 y 49 años de edad).



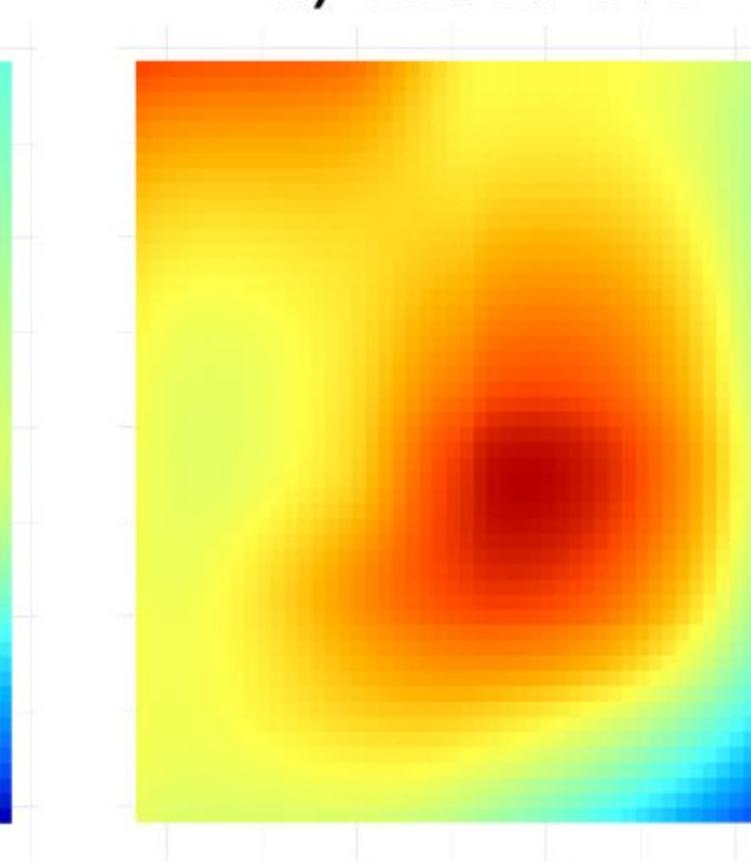
a) ICAR



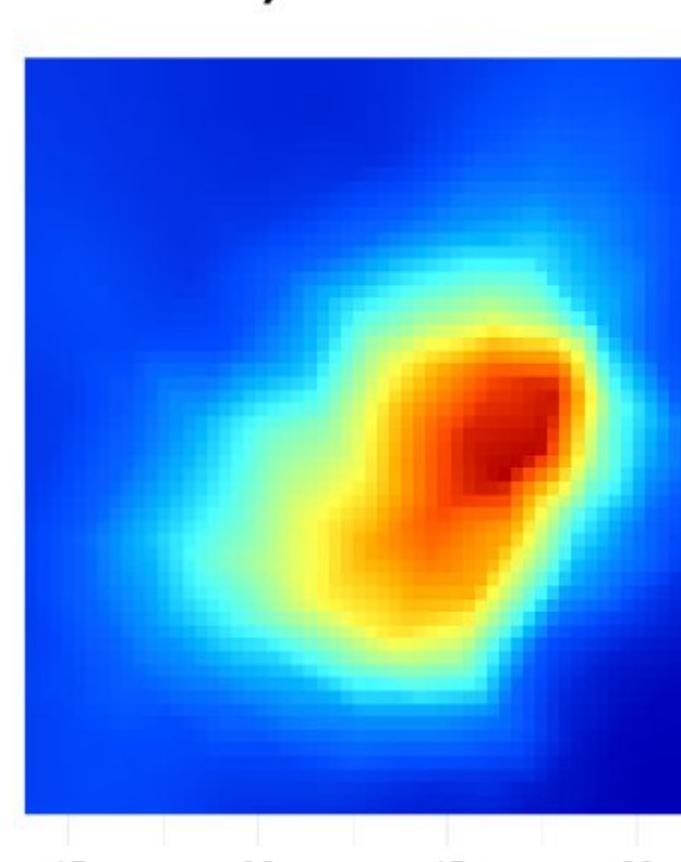
b) BYM



c) LEROUX



d) SPDE



CONCLUSIONES

Este estudio desarrolló una interfaz que permite utilizar la información espacial en los datos de TMS para generar resúmenes de la ubicación de repuestas y su variabilidad espacial. Como se muestra en el resultado, el MEP del punto caliente y la ubicación espacial varían entre los participantes. La ubicación del punto caliente puede considerarse como una región en lugar de un solo punto, según Rao (2013). El número de pulsos recolectados en la misma ubicación cerebral, como un efecto de replicación, varía entre los participantes, aunque los resultados sugirieron que el número óptimo era alrededor de 5 estímulos. Esta investigación desarrolló una aplicación shiny, TMSBrainApp, en un paquete R que utiliza modelos estadísticos espaciales bayesianos para identificar hotspots en los datos de mapeo cerebral con TMS.

<https://github.com/eosafu/TMSBrainApp0.1.0>

REFERENCIAS ADICIONALES

