



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN PSICOLOGÍA
(NEUROCIENCIAS DE LA CONDUCTA)

**RESERVA COGNITIVA DINÁMICA EN ADULTOS MAYORES SANOS:
ASOCIACIÓN CON HABILIDADES COGNITIVAS FLUIDAS,
CRISTALIZADAS Y EL ELECTROENCEFALOGRAMA EN REPOSO**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
DOCTORA EN PSICOLOGÍA

PRESENTA:
MARTINA FERRARI DÍAZ

TUTOR PRINCIPAL
DR. JUAN FELIPE SILVA PEREYRA
FES Iztacala, UNAM

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR
DR. MARIO ARTURO RODRÍGUEZ CAMACHO
FES Iztacala, UNAM

DRA. MARÍA DEL CARMEN GARCÍA PEÑA
Instituto Nacional de Geriátría

DRA. THALÍA FERNÁNDEZ HARMONY
Instituto de Neurobiología, UNAM

DR. JULIO CÉSAR FLORES LÁZARO
Facultad de Psicología, UNAM

Ciudad Universitaria, CD.MX., 2022.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Resumen

La reserva cognitiva (RC) es la adaptabilidad de los procesos cognitivos para resistir lesiones o cambios cerebrales asociados al envejecimiento. Existen pocos estudios sobre los mecanismos cerebrales que subyacen a la RC utilizando electroencefalograma (EEG), los cuales han considerado combinaciones de variables estáticas y dinámicas para representar a la RC, pocos se han centrado en una sola categoría. El objetivo fue evaluar la asociación de la RC dinámica con la cognición y el EEG en reposo en adultos mayores sanos usando tres de las medidas proxy dinámicas de RC más usadas: inteligencia verbal, actividades recreativas y actividades físicas. La muestra se conformó por 88 adultos mayores sanos de 60 a 77 años (58 mujeres). Se realizaron regresiones lineales múltiples con las medidas de RC como variables independientes, y el desempeño cognitivo y la potencia absoluta (PA) en seis componentes del EEG en reposo (beta, alfa1, alfa2, gamma, theta y delta) como variables dependientes. La inteligencia verbal fue un predictor positivo significativo para la organización perceptual, memoria de trabajo, velocidad de procesamiento, memoria, lenguaje, funciones ejecutivas y la PA delta en regiones centrales. Las actividades recreativas fueron un predictor positivo significativo para la PA alfa2 en regiones posteriores. Las variables dinámicas de RC se asocian diferencialmente con el desempeño cognitivo y el EEG en reposo. Implementar actividades recreativas y tareas para aumentar el vocabulario puede promover un mejor desempeño cognitivo a través de mecanismos compensatorios o de eficiencia neural.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca nacional (697373) recibida durante el doctorado y que me permitió llevar a cabo el presente proyecto. Así como al proyecto PAPIIT IT201123.

A mis tutores, por el tiempo que le dedicaron a esta tesis y al artículo resultado de ésta. Agradezco su guía, orientación, correcciones y recomendaciones, desde su conocimiento y experiencia.

A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por permitirme ser parte una vez más de esta honorable institución.

A mi familia, amigos y pareja, por apoyarme y tolerarme en estos años de estrés y aprendizajes.

Dedicatoria

A mis abuelos Herta y Gerardo, porque el gran amor que les profeso es uno de los motivos que originaron mi interés hacia los temas del envejecimiento.

Contenido

1. Introducción.....	6
2. Marco Teórico	11
2.1. Envejecimiento	11
2.1.1. Cambios neuroanatómicos y cognitivos en el envejecimiento.....	12
2.1.2. Envejecimiento saludable.....	13
2.2. Reserva Cognitiva.....	14
2.2.1. Operacionalización de la RC.....	15
2.2.2. Mecanismos cerebrales subyacentes	17
2.3. Electroencefalograma	19
2.3.1. Bases neurobiológicas del EEG	20
2.3.2. EEG cuantitativo	24
2.3.3. Hallazgos EEG en el envejecimiento	25
3. Antecedentes.....	27
4. Planteamiento del problema	29
4.1. Justificación	29
4.2. Preguntas de Investigación	30
4.3. Hipótesis	30
4.4. Objetivo General.....	30
4.5. Objetivo Específico.....	30
5. Método.....	31
5.1. Diseño y Procedimiento.....	31
5.2. Población de estudio	31
5.2.1. Criterios de inclusión, exclusión y eliminación	32
5.2.2. Tamaño de muestra	33
5.2.3. Selección de muestra.....	33
5.3. Variables	33
5.3.1. Variables sociodemográficas.....	33
5.3.2. Variables dependientes.....	34
5.3.3. Variable independiente.....	36
5.4. Instrumentos.....	36
5.4.1. Variables Dependientes.....	37
5.4.1. Variables Independientes	44

5.5. Análisis de datos	45
6. Resultados.....	46
6.1. Cognición.....	49
6.2. EEG en reposo	54
7. Discusión	57
7.1. Limitaciones.....	61
8. Conclusiones.....	62
9. Referencias	62

1. Introducción

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2019), en el 2018 por primera vez en la historia de la humanidad, la población mundial de 65 años o más superó a la de niños menores de 5 años. Además, se espera que para el 2050 la población de adultos mayores sea el doble en comparación con la infantil, y que supere a la población de adolescentes y adultos jóvenes.

Los adultos mayores se caracterizan por una serie de cambios en la estructura y funcionamiento cerebral que implican ganancias y pérdidas a nivel cognitivo (Fjell & Walhovd, 2010; Juraska & Lowry, 2012; Spreng & Turner, 2019). Por ejemplo, se ha reportado que en el envejecimiento parece existir un mejor desempeño en tareas de información semántica y conocimientos generales (inteligencia cristalizada), mientras que las habilidades cognitivas fluidas que permiten la resolución de problemas se deterioran con el paso del tiempo (Harada, Natelson & Triebel, 2013; Park & Reuter-Lorenz, 2009; Spreng & Turner, 2019).

Los cambios a nivel cognitivo suelen estar relacionados con los cambios a nivel de funcionamiento cerebral (Fjell & Walhovd, 2010; Toepper, 2017). Una herramienta que evalúa el funcionamiento cerebral es el electroencefalograma (EEG). En el EEG en reposo de adultos mayores (más de 50 años) se ha encontrado que el deterioro cognitivo se asocia a una reducción de la potencia absoluta (PA) en la banda de frecuencia alfa y un aumento de las bandas theta y delta (Barry & De Blasio, 2017; Choi et al., 2019; Kamal, Campbell & Taler, 2022; Kumral et al., 2020; Roca-Stappung et al., 2012; Vlahou, Thurm, Kolassa & Schlee, 2014), referido como un enlentecimiento generalizado del EEG.

Sin embargo, la interacción entre evidencia neuropatológica (por ejemplo, carga amiloide, densidad de los ovillos neurofibrilares, infartos cerebrales, etc.) y el nivel de funcionamiento cognitivo no es necesariamente una relación lineal (Bennett et al., 2006, 2012). Existe evidencia de individuos que presentaban características de patología cerebral de la Enfermedad de Alzheimer (EA) o del proceso de envejecimiento, que no manifestaban síntomas clínicos de deterioro cognitivo (Bennett et al., 2006, 2012; SantaCruz et al., 2011; Boyle, Yu, Wilson, Schneider & Bennett, 2013; Castro-Chavira, Barrios, Pasaye, Alatorre-Cruz & Fernández, 2016). Esta discrepancia puede deberse a distintos factores, tales como el nivel educativo de la muestra, la complejidad de su ocupación, la participación en actividades físicas y recreativas, o la interacción social (Arenaza-Urquijo, Wirth & Chételat, 2015; Qiu & Fratiglioni, 2018), entre otros.

De este modo, se ha considerado relevante indagar las variables que permiten reducir el impacto del envejecimiento tanto en la estructura como el funcionamiento cerebral para comprender las diferencias individuales a nivel cognitivo (Cabeza et al., 2018; Stern, Barnes, Grady, Jones & Raz, 2019; Stern et al., 2020). Un constructo descrito recientemente que parece alterar el efecto de los cambios cerebrales asociados el envejecimiento en el desempeño cognitivo es la reserva cognitiva (RC).

La RC se entiende como la capacidad de adaptación de los procesos cognitivos que ayuda a explicar las diferencias en la susceptibilidad del funcionamiento cognitivo o cotidiano de resistir alteraciones por lesiones cerebrales o como parte del proceso normal de envejecimiento (Stern et al., 2020).

La evaluación del concepto de RC ha implicado un reto para los investigadores (Stern, 2009). Por lo tanto, se ha propuesto el uso de variables “proxy” como los años de

escolaridad y la ocupación, que son atributos que se mantienen estáticos después de la edad adulta. Los años de estudio o el nivel educativo, son de las variables proxy más utilizadas en los estudios de RC (Harrison et al., 2015; Opdebeeck, Martyr & Clare, 2016). No obstante, las variables proxy dinámicas (factores modificables) parecen reflejar de manera más precisa la influencia de la RC en la cognición, según lo reportado por Malek-Ahmadi et al. (2017), quienes compararon los años de escolaridad (medida estática) y la inteligencia verbal (medida dinámica). Una de las medidas dinámicas más utilizada en los estudios es la inteligencia verbal (Opdebeeck et al., 2016; Nogueira, Gerardo, Santana, Simões & Freitas, 2022), sin embargo, otras medidas dinámicas como las actividades físicas y recreativas pueden contribuir a entender mejor la plasticidad cerebral tanto en el funcionamiento cognitivo como en el cerebral (Malek-Ahmadi et al., 2017). A diferencia de las medidas estáticas, las actividades físicas y recreativas pueden ser voluntaria y fácilmente implementadas por los individuos incluso en etapas tardías de la vida, a través de cambios activos en su rutina, además de ser consideradas componentes de un estilo de vida saludable (Wang, Xu & Pei, 2012; Fallahpour, Borell, Luborsky & Nygård, 2016; Erickson et al., 2019).

A nivel cerebral, los mecanismos subyacentes de la RC parecen depender de la interacción de las diferentes redes neuronales (Stern et al., 2019, 2020). Cabeza et al. (2018) propusieron tres mecanismos: la reserva, el mantenimiento y la compensación.

Estos mecanismos cerebrales de la RC han sido poco estudiados utilizando el EEG, a pesar de ser éste una técnica que evalúa de forma directa el procesamiento neuronal. Los pocos estudios que han explorado la relación entre la RC y el EEG se caracterizan por ser muy heterogéneos en cuanto a diseño, muestras y medidas utilizadas (Šneidere, Mondini &

Stepens, 2020; Balart-Sánchez, Bittencourt-Villalpando, van der Naalt & Maurits, 2021).

La proporción de estudios disminuye cuando nos enfocamos exclusivamente en aquellos estudios de EEG en reposo que permiten evaluar la actividad cerebral independientemente de alguna demanda cognitiva (Fleck et al., 2017), y que nos informan sobre la integridad funcional del cerebro (Harmony, 2009).

A nivel cognitivo, la RC se ha asociado a distintos procesos cognitivos (lenguaje, memoria, memoria de trabajo, funciones ejecutivas, habilidades visoespaciales y cognición en general), utilizando diferentes medidas de RC (escolaridad, estatus ocupacional y realización de actividades cognitivamente estimulantes) en adultos mayores sanos (Opdebeeck et al., 2016). A nivel del EEG en reposo, los principales hallazgos de los estudios concuerdan en que existe una relación entre la RC (utilizando indistintamente medidas estáticas y dinámicas) y las bandas de frecuencia alfa y theta (Babiloni et al., 2020; Fleck et al., 2017, 2019; Moezzi, Lavrencic, Goldsworthy, Coussens & Keage, 2019; Sanchez-Lopez et al., 2018), sin embargo, la dirección de dicha asociación sigue sin ser clara.

Una posible razón de la heterogeneidad de los resultados puede atribuirse a las distintas medidas de RC utilizadas. Se ha recomendado el uso de puntuaciones compuestas, escalas, cuestionarios o combinación de variables para evaluar de forma más precisa la variabilidad de la RC (Harrison et al., 2015; Opdebeeck et al., 2016), sin embargo, existe evidencia de una distinta asociación de la cognición y el funcionamiento cerebral entre variables proxy estáticas y dinámicas de RC (Malek-Ahmadi et al., 2017; Serra et al., 2019). Las estáticas se han asociado a la inteligencia cristalizada y distinguen el volumen hipocampal y parahipocampal entre pacientes con EA; las dinámicas parecen relacionarse más con

habilidades cognitivas fluidas y logran distinguir individuos desde etapas más tempranas de deterioro cognitivo leve (Malek-Ahmadi et al., 2017; Serra et al., 2019). A pesar de estas evidencias, pocos estudios de EEG en reposo han evaluado la RC como una composición de variables de solamente una categoría.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la asociación de la RC con la cognición y el EEG en reposo de adultos mayores sanos usando tres de las variables proxy de RC más utilizadas: inteligencia verbal, actividades físicas y actividades recreativas. Para estudiar la actividad eléctrica cerebral usamos el EEG en reposo que ha sido escasamente usado en estudios de RC (Šneidere et al., 2020; Balart-Sánchez et al., 2021).

Nuestra hipótesis es que los adultos mayores sanos con mayor RC dinámica mostrarán un mejor desempeño cognitivo en habilidades cognitivas fluidas (Serra et al., 2019), mayor PA alfa (Fleck et al., 2017, 2019; Sanchez-Lopez et al., 2018; Babiloni et al., 2020), y menor PA theta (Sanchez-Lopez et al., 2018) en el EEG en reposo en la condición de ojos cerrados.

En los primeros capítulos se hará una revisión sobre el envejecimiento normal y saludable, el concepto de RC y sus mecanismos cerebrales subyacentes, el EEG, sus bases neurobiológicas y los principales hallazgos en la población geriátrica. Posteriormente, se mostrarán los principales antecedentes del proyecto y las características del método del presente trabajo. Finalmente, se presentarán los hallazgos y se discutirán los mismos enmarcados en la literatura reciente.

2. Marco Teórico

2.1. Envejecimiento

El envejecimiento puede entenderse como un proceso que se caracteriza por la disminución de la respuesta homeostática debida a los cambios físicos, funcionales, bioquímicos y psicológicos; está asociado a la edad y al desgaste por el paso del tiempo en la vida del sujeto en un contexto específico (Mendoza & Martínez, 2012).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2002) la edad estándar para considerar a una persona como “adulto mayor” es de 60 años, a pesar de que puede considerarse una edad muy temprana, principalmente en los países más desarrollados donde la esperanza de vida ha aumentado. Otro aspecto a considerar es la heterogeneidad del proceso de envejecimiento; dicho proceso es diferente entre los individuos, incluso entre personas de la misma edad cronológica y depende en gran medida de su contexto particular.

Se ha propuesto una clasificación de los adultos mayores (Neugarten, 1999, citado en Mendoza & Martínez, 2012) considerando su edad y condiciones:

- Viejos-jóvenes, que incluye a los de 60 a 74 años, caracterizados por ser todavía activos y generalmente funcionales.
- Viejos-viejos, de 75 a 89 años, presentan más riesgos de tener algún tipo de limitación física, psicológica o social.
- Viejos-longevos, contempla a los de 90 años y más, considerada como una población vulnerable tanto en lo biológico, psicológico y lo social.

Esta clasificación logra distinguir entre distintos subgrupos de una misma población, que cuentan con características particulares y, por lo tanto, necesidades específicas.

Desde el punto de vista neuropsicológico se propone una clasificación del envejecimiento en dos tipos (Barroso, Correia & Nieto, 2011):

- *Envejecimiento normal*: Es parte del proceso natural asociado con la edad, el cual presenta la mayor parte de la población. No se exhiben patologías de tipo neurodegenerativo y las alteraciones que pueden llegar a manifestarse se atribuyen a los cambios experimentados por un cerebro “sano”.
- *Envejecimiento patológico*: Es aquel que se asocia a un proceso neurodegenerativo que puede transitar de un deterioro cognitivo leve o trastorno neurocognitivo leve, hasta llegar a un trastorno neurocognitivo mayor o demencia. Se asocia a cambios neuroanatómicos y neurofisiológicos causados por patologías como la EA, enfermedad de Parkinson, demencias frontales, por cuerpos de Lewy, etc.

2.1.1. Cambios neuroanatómicos y cognitivos en el envejecimiento

El proceso normal de envejecimiento implica una serie de cambios cerebrales estructurales y funcionales asociados también a cambios cognitivos.

Se ha planteado que cognitivamente existen tanto “pérdidas” como “ganancias”. Mientras los procesos cognitivos cristalizados, como lo son la memoria semántica y el conocimiento general, aumentan con el paso de los años, los procesos cognitivos fluidos, como la habilidad de procesar información y resolver problemas se deterioran paulatinamente (Fjell & Walhovd, 2010; Spreng & Turner, 2019; Juraska & Lowry, 2012). Una de las alteraciones más representativas en los procesos cognitivos fluidos, es la de las funciones ejecutivas como la fluidez verbal, control inhibitorio, planificación, autorregulación, memoria prospectiva, memoria de trabajo. (Barroso et al., 2011; Harada et al., 2013).

Estos cambios a nivel cognitivo parecen relacionarse estrechamente con los cambios en la estructura y dinámica cerebral. Por ejemplo, se ha demostrado que la región dorsolateral del lóbulo prefrontal es una de las regiones más afectadas por el paso de los años (Barroso et al., 2011; Harada et al., 2013; Juraska & Lowry, 2012), la cual a su vez se relaciona con las funciones ejecutivas o “prefrontales”. Además, el núcleo caudado presenta alteraciones similares a las del lóbulo prefrontal (Juraska & Lowry, 2012). Con respecto a regiones mediales, los hallazgos son más variados, concluyéndose que el deterioro es moderado: la corteza entorrinal parece estar conservada, sin embargo, el hipocampo muestra un deterioro marcado y acelerado durante el envejecimiento (Harada et al., 2013; Juan & Adlard, 2019; Juraska & Lowry, 2012).

2.1.2. Envejecimiento saludable

El deterioro de ciertos procesos cognitivos incluso en un envejecimiento normal parece ser inevitable conforme los años pasan, sin embargo, se ha demostrado que existen diferentes factores que parecen reducir el impacto de la edad. Por ejemplo, consumir una dieta mediterránea, la realización de actividades físicas y de actividades cognitivamente estimulantes, son considerados como factores protectores (Huckans et al., 2013). Por este motivo, se propuso un tercer tipo de envejecimiento (además del normal y el patológico), en el cual se podría reducir, o incluso detener, el deterioro relacionado con la edad.

La OMS (2019) propuso el término de envejecimiento saludable como un proceso que permite el bienestar en la población de adultos mayores a través del desarrollo y mantenimiento de la capacidad funcional. Esta última se entiende como la capacidad de un individuo de ser y llevar a cabo lo que considera importante, tanto para sí mismo como en

la relación con su entorno. En cuanto a las capacidades intrínsecas se incluyen aquellas habilidades tanto físicas como mentales que permiten el desarrollo de sus necesidades básicas y la toma de decisiones. Con respecto a las capacidades asociadas a su entorno, son aquellas donde se involucran su familia, amistades y pareja, así como la comunidad en general. Estas capacidades le permiten establecer relaciones, mantenerlas y hacer aportaciones a la sociedad.

2.2. Reserva Cognitiva

Como se planteó en el capítulo anterior, los investigadores han buscado aquellos factores que puedan reducir al mínimo el impacto del envejecimiento tanto en la estructura como en el funcionamiento cerebral para comprender las diferencias individuales cognitivas. Se ha demostrado que la interacción entre la neuropatología cerebral (carga de β -amiloide, densidad de ovillos neurofibrilares, infartos cerebrales, etc.) y el nivel cognitivo no parece ser necesariamente una relación lineal (Bennett et al., 2006, 2012).

Para intentar explicar estos hallazgos, se plantea el concepto de Reserva Cognitiva (RC) entendida como la habilidad de los individuos de adaptar sus procesos cognitivos para resistir el impacto de patologías y lesiones cerebrales o el proceso normal de envejecimiento (Stern et al., 2019, 2020). Esta discrepancia entre el grado de daño cerebral y sus manifestaciones cognitivas se ha estudiado tanto en casos patológicos, como en las variaciones en el desempeño de individuos sanos mientras realizan tareas que exigen su máxima capacidad.

De manera similar, Rey y Lleó (2010) definen la teoría de la reserva indicando que “implica que el cerebro, al igual que otros órganos y sistemas, puede soportar una

determinada carga lesiva antes de que aparezcan síntomas o signos de pérdida de la capacidad funcional” (p. 152).

2.2.1. Operacionalización de la RC

La RC es un constructo hipotético, por lo cual no se han encontrado aún métodos para medirla directamente. Debido a lo anterior, se utilizan variables proxy que intentan aproximarse al constructo a estudiar a través de una operacionalización indirecta. La RC se ha estudiado a través de la escolaridad, la inteligencia verbal, el nivel de lectura, el vocabulario, la complejidad de la ocupación, actividades recreativas, interacción social, entre otros (Arenaza-Urquijo, 2015; Steffener & Stern, 2012).

Al ser un concepto relativamente reciente, se han hecho esfuerzos para evaluarlo, la definición operacional de la RC ha sido un tema controversial. Harrison et al. (2015) realizaron una revisión sistemática sobre las variables utilizadas para operacionalizar la RC. Reportaron que la escolaridad, la ocupación laboral y las actividades recreativas son las más usadas en los estudios y con las que se han obtenido resultados más consistentes. Sin embargo, cada una de estas variables se ha evaluado de forma distinta dependiendo de la investigación. De modo similar, Opdebeeck et al. (2016) indagaron sobre nivel educativo, estatus ocupacional, actividades cognitivamente estimulantes y la combinación de las tres para medir la RC sobre distintos procesos cognitivos. Encontraron que la variable más utilizada y la que mayor impacto presentó sobre la cognición (lenguaje, memoria, viso espacialidad, funciones ejecutivas) fue el nivel educativo. Las dos restantes presentaron una mayor variabilidad con respecto al impacto sobre los procesos cognitivos estudiados, efecto que atribuyen a las diferentes maneras en que son evaluadas estas variables. Ambas

revisiones resaltan la importancia de considerar diferentes variables proxy, porque la aportación aislada de las mismas no refleja la verdadera complejidad de los mecanismos protectores de deterioro cognitivo (Harrison et al., 2015; Opdebeeck et al., 2016).

Sin embargo, Malek-Ahmadi et al. (2017) destacaron que es importante diferenciar entre las variables proxy de RC, por lo que propusieron una clasificación en dos categorías: estáticas y dinámicas. Las variables proxy estáticas son aquellas que se adquieren en etapas tempranas de la vida y se mantienen estables después de cierto tiempo, como la escolaridad (o años de escolaridad) y la ocupación. Por otro lado, las variables proxy dinámicas se pueden adquirir incluso en etapas tardías de la vida, se consideran factores modificables como la inteligencia verbal, las actividades físicas y las cognitivamente estimulantes.

Se ha reportado que estas dos categorías de variables proxy de RC se asocian diferencialmente con los procesos cognitivos y sus mecanismos cerebrales subyacentes. Por ejemplo, las variables estáticas se relacionan con los conocimientos cristalizados y logran distinguir volúmenes hipocampales y parahipocampales en pacientes con EA; por otro lado, las dinámicas se relacionan con habilidades cognitivas fluidas y logran distinguir a pacientes desde la etapa de deterioro cognitivo leve de tipo amnésico (Malek-Ahmadi et al., 2017; Serra et al., 2019). De esta manera, se ha planteado que las variables proxy de RC dinámicas parecen ser las que mejor reflejan el aporte de la RC sobre los procesos cognitivos debido a su naturaleza flexible y cambiante.

2.2.2. Mecanismos cerebrales subyacentes

A nivel cerebral, la RC parece sustentarse en el reclutamiento de diversas redes cerebrales, que a su vez pueden reflejar el uso de estrategias cognitivas alternativas (Stern, 2002, 2009).

Se han propuesto tres mecanismos cerebrales que se relacionan con la RC: a) la reserva, que implica una mejora acumulativa en los recursos neurales que mitiga el deterioro asociado con la edad; b) el mantenimiento, se refiere a la preservación de los recursos neurales que supone una constante reparación a nivel cerebral; c) la compensación, que es el reclutamiento neural que mejora el desempeño de una tarea cognitivamente demandante (Cabeza et al., 2018).

Debido a que los cambios en el reclutamiento cerebral asociados a la reserva son respuestas normales al incremento de las demandas de una tarea, se sugiere que la RC está presente tanto en sujetos sanos como en aquellos que presentan algún daño cerebral, lo cual se refleja en la modulación de las mismas redes neuronales. Por lo tanto, un sujeto que usa una red neuronal más eficiente o es capaz de retomar una red neuronal alternativa o estrategias cognitivas en respuesta al incremento de la demanda puede tener una mayor RC (Stern, 2002). Se ha considerado que la reserva, mantenimiento y compensación pueden actuar como mediadores de la influencia de la RC sobre el desempeño conductual y/o neuropsicológico (Steffener & Stern, 2012).

Finalmente, es importante considerar que a pesar de ser un mecanismo de neuroprotección y compensación a nivel cerebral sobre la cognición y manifestaciones clínicas, en determinadas circunstancias podría ser contraproducente tener una mayor RC. Por ejemplo,

se ha reportado que personas con una alta RC requieren una mayor presencia de cambios patológicos a nivel cerebral (mayor atrofia o hipometabolismo) para que los síntomas se manifiesten, sin embargo, cuando esto sucede la condición patológica suele encontrarse en un estadio más avanzado (Arenaza-Urquijo et al., 2015). De alguna manera, la RC puede estar enmascarando un proceso asociado a una demencia, por lo cual, cuando ya se manifiestan los síntomas el sujeto puede encontrarse en un estado de deterioro cognitivo mayor (Arenaza-Urquijo et al., 2015; Bialystok, 2021; Gorges et al., 2017).

2.2.2.1. Modelos teóricos

Los mecanismos cerebrales antes expuestos se han intentado explicar desde diversos modelos teóricos, para comprender la discrepancia entre el nivel de patología cerebral y el desempeño cognitivo en los adultos mayores (Festini, Zahodne & Reuter-Lorenz, 2018).

Uno de los primeros modelos propuestos fue el hemispheric asymmetry reduction in older adults (HAROLD) que propone que durante el envejecimiento se presenta una disminución en la lateralización cerebral que puede tener una función de compensación o puede ser resultado de un proceso de desdiferenciación celular (Cabeza, 2002). Es decir, se ha reportado una activación bilateral más marcada en los adultos mayores en comparación a los jóvenes realizando una misma tarea (Festini et al., 2018) y esta activación está asociada a un mejor desempeño en adultos mayores (Cabeza et al., 2018).

Posteriormente, Davis, Dennis, Daselaar, Fleck y Cabeza (2008) propusieron otro modelo de compensación en el envejecimiento denominado como posterior-anterior shift in aging (PASA). Como su nombre lo indica, explicaron que existía evidencia de un cambio en los patrones de actividad cerebral en los adultos mayores: una reducción de la activación en regiones occipitales acompañada de un aumento en regiones frontales.

Siguiendo la misma línea, Reuter-Lorenz y Cappell (2008) retomaron evidencia de la activación cerebral observada en los adultos mayores en comparación a los jóvenes a pesar de presentar un desempeño similar. Intentan explicar este fenómeno a través de la hipótesis denominada *compensation-related utilization of neural circuits hypothesis (CRUNCH)*, donde nuevamente se consideran esos cambios en la activación cerebral como una manifestación de procesos de compensación neural. Es decir, probablemente las regiones con mayor activación cerebral estén subsanando un procesamiento ineficiente de esa misma región u otras (Festini et al., 2018).

Finalmente, Park y Reuter-Lorenz (2009) amplían el panorama considerando no solamente estudios de funcionamiento cerebral, sino también a nivel estructural proponiendo el modelo *scaffolding theory of aging and cognition (STAC)*. Plantean que a pesar de las evidencias de los cambios patológicos funcionales y estructurales a nivel cerebral durante el envejecimiento, el desempeño cognitivo puede mantenerse por el reclutamiento de circuitos adicionales que actúan como andamiajes mientras se presenta un proceso de deterioro en otras regiones.

Estos mecanismos cerebrales y modelos teóricos se han estudiado principalmente a través de técnicas de neuroimagen como la Resonancia Magnética Estructural y Funcional (RM y RMf), y de manera menos frecuente con el Electroencefalograma (Balart-Sánchez et al., 2021; Šneidere et al., 2020). Esta técnica se detallará en el siguiente apartado.

2.3. Electroencefalograma

El Electroencefalograma (EEG) es una técnica no invasiva y con alta resolución temporal que estudia la actividad eléctrica cerebral evaluando directamente el

procesamiento neural a través de la colocación de una serie de electrodos en el cuero cabelludo (Koenig, Smailovic & Jelic, 2020).

Durante los años 30 y 40, su principal utilidad se enfocaba en el área clínica neurológica y psiquiátrica debido a que permitía distinguir a través de la inspección visual ciertos patrones de actividad entre población clínica y sujetos sanos. Sin embargo, durante los años 60 y 70, con el desarrollo tecnológico se hizo más accesible la cuantificación de parámetros más precisos dando paso al EEG cuantitativo (EEGq; Evans & Abarbanel, 1999).

Con el EEG se puede registrar la actividad eléctrica cerebral mientras la persona realiza una tarea cognitiva o en estado de reposo, este último permite evaluar la actividad neural independientemente de una demanda cognitiva (Fleck et al., 2017), además de que puede informarnos sobre la integridad funcional del cerebro (Harmony et al., 2009). El EEG en reposo fue la modalidad utilizada en el presente estudio.

Las bases neurobiológicas de las oscilaciones registradas en el EEG y las características del EEGq se detallarán en los siguientes apartados.

2.3.1. Bases neurobiológicas del EEG

Para comprender las bases neurobiológicas del EEG es necesario retomar el concepto de sinapsis, que es la comunicación entre las neuronas. En este proceso de transmisión de señales electroquímicas de una neurona a otra, puede producir un proceso de despolarización (excitación) o hiperpolarización (inhibición) de la membrana celular, lo que modifica el flujo de iones y da lugar a los potenciales postsinápticos excitatorios (PPSE) o inhibitorios (PPSI). La sumación espacial y temporal de los PPSE aumentan la probabilidad de ocurrencia de los potenciales de acción en el espacio extracelular, mientras

que los PPSI la disminuyen. Es importante destacar que también el flujo de corriente intra y extracelular que sucede en las células gliales (dependiente de las concentraciones de potasio) parece contribuir a los potenciales de acción y su amplificación (Evans & Abarbanel, 1999; Speckman, Elger & Gorji, 2011).

La actividad eléctrica registrada a través del EEG es el resultado de billones de potenciales de acción que a su vez están representados por la sumación de los potenciales de campo de los PPSE y PPSI de grandes grupos neurales (Barral-Caballero, Laville, Razgado, Jiménez-Estrada & Segura-Alegría, 2011; Evans & Abarbanel, 1999; Speckman et al., 2011), como puede apreciarse en la Figura 1. Se considera que la mayor parte de los ritmos registrados en el EEG son el reflejo de complejas interacciones de circuitos tálamo-corticales y córtico-corticales (Evans & Abarbanel, 1999) y se requiere que las neuronas tengan un arreglo perpendicular al cráneo (como las piramidales) y que estén sincronizadas (Marosi-Holzberger, 2011).

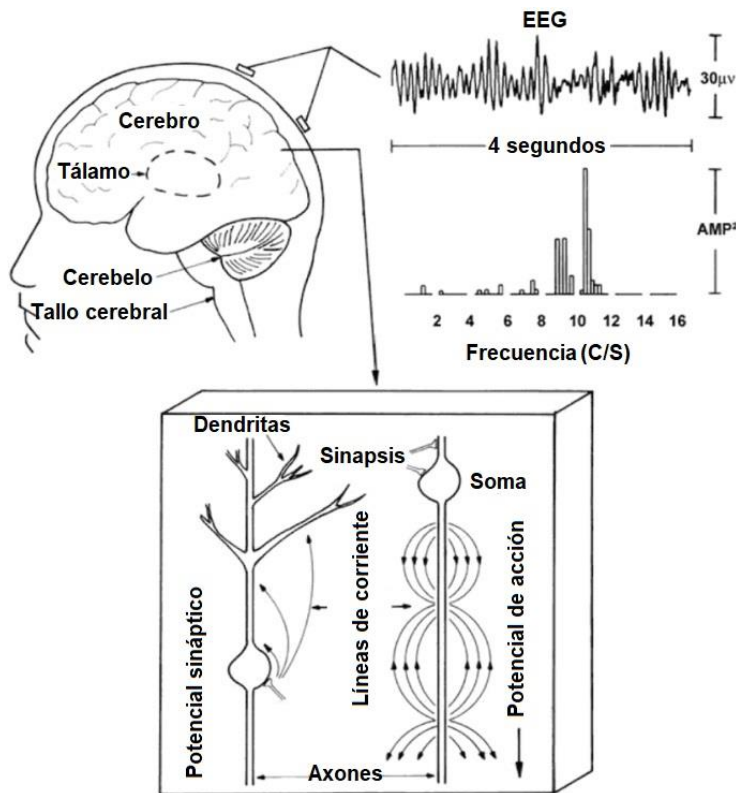


Figura 1. Representación esquemática del EEG y su origen neural. La figura es una traducción de la ilustración original de Nunez y Srinivasan (2006).

Por los motivos antes planteados, el EEG se considera una técnica que evalúa de forma directa los efectos de la actividad neural. Sin embargo, el registro no es tan directo porque las meninges, el líquido cerebrospinal, el cráneo y el cuero cabelludo actúan como efecto de volumen conductor que influyen en la señal registrada (Evans & Abarbanel, 1999; Speckman et al., 2011). Otras fuentes de señales no deseadas en el EEG que pueden contaminar el análisis del EEGq, pero que a diferencia de los efectos de volumen conductor sí se pueden eliminar, son los artefactos. Los artefactos pueden dividirse en endógenos (sudoración, movimientos oculares, electrocardiograma, tensión muscular o movimientos,

etc.) y exógenos (mala colocación/conexión de los electrodos, ruido eléctrico, sistema no aterrizado, movimiento de cables, etc.) (Evans & Abarbanel, 1999; Gutberlet, Debener, Jung & Makeig, 2009).

Como cada electrodo registra actividad rítmica desde distintos generadores (o fuentes), se han propuesto montajes de electrodos establecidos, el más utilizado es el Sistema Internacional 10-20 para la colocación de los electrodos (Evans & Abarbanel, 1999), que es el utilizado en el presente proyecto y puede apreciarse en la Figura 2.

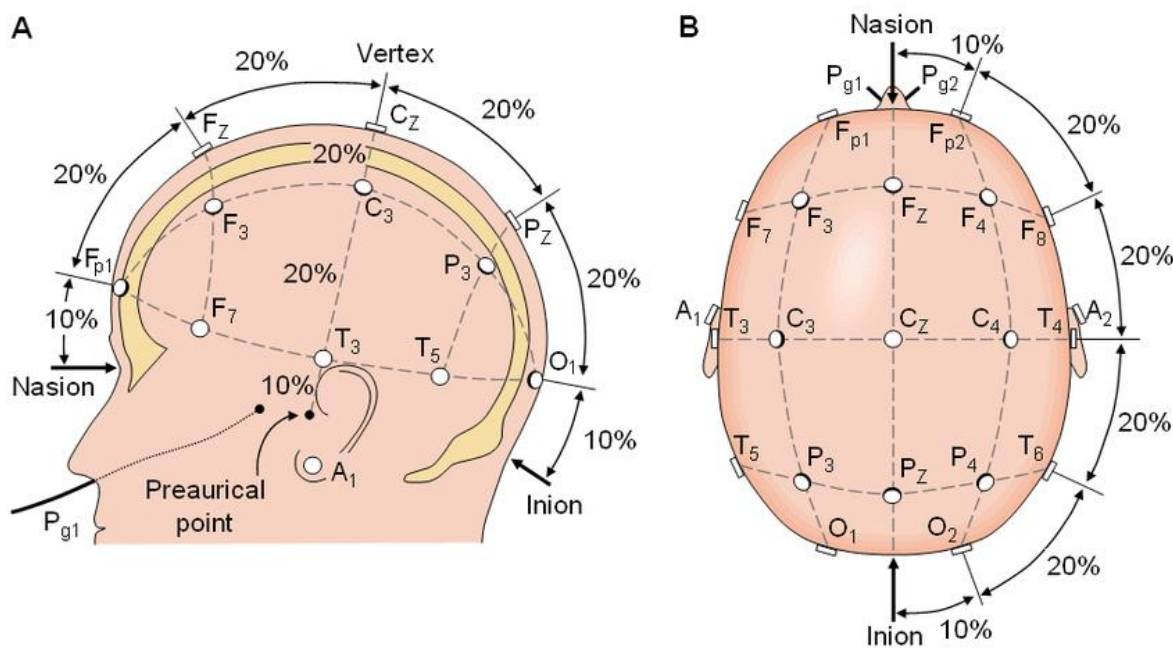


Figura 2. Montaje del Sistema Internacional 10-20 de colocación de los electrodos. La ilustración fue retomada de Novo-Olivas, Chacón-Gutiérrez y Barradas-Bribiesca (2010). Las letras hacen referencia a las regiones donde están ubicadas (Fp: Frontopolar, F: Frontal, C: Central, T: Temporal, P: Parietal y O: Occipital), los números hacen referencia al hemisferio (Pares: Hemisferio derecho, Impares: Hemisferio Izquierdo) y la línea media se representa con una “z”.

Las oscilaciones obtenidas a partir del registro de dichos electrodos muestran cambios de voltaje (amplitud) durante un determinado tiempo de registro (Marosi-Holczberger, 2011). Estas oscilaciones manifiestan cambios dependiendo la edad de los sujetos, nivel de maduración, por condiciones patológicas neurológicas y psiquiátricas o incluso parecen relacionarse con ciertos estados psicológicos. Sin embargo, era necesario estandarizar el proceso de análisis de la señal del EEG y disminuir la interpretación subjetiva del mismo, por lo cual en un contexto de avances tecnológicos se desarrolló el EEGq (Evans & Abarbanel, 1999; Marosi-Holczberger, 2011), el cual se describirá en el siguiente apartado.

2.3.2. EEG cuantitativo

Como su nombre lo indica, el EEGq consiste en la cuantificación de la información proporcionada por la señal del EEG, que a su vez puede permitir análisis estadísticos de la misma (Al-Nashash et al., 2009; Marosi-Holczberger, 2011). Para poder cuantificar la señal del EEG, es necesario que esté digitalizada (i.e., registrar valores de voltaje cada cierto intervalo de tiempo); de acuerdo a la ley de Nyquist, este intervalo de tiempo debe ser a lo sumo el recíproco del doble de la frecuencia más alta que se desee estudiar (Lopes da Silva, 2011; Marosi-Holczberger, 2011).

Hay una gran cantidad de métodos que permiten la cuantificación de la señal del EEG desde el dominio del tiempo, de la frecuencia, análisis de fase, coherencia, entre otros (Lopes da Silva, 2011). Sin embargo, uno de los métodos clásicos y que fue el utilizado en el presente proyecto, es el análisis espectral.

El análisis espectral consiste en la exploración de patrones cíclicos de información, mediante la descomposición de la señal digitalizada del EEG en ondas sinusoidales (seno y coseno),

pasando del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia. El método clásico que permite el análisis espectral es la transformada rápida de Fourier (Al-Nashash et al., 2009; Evans & Abarbanel, 1999; Marosi-Holczberger, 2011). Utilizando una analogía, esta transformada de Fourier puede verse como un prisma de Newton; a partir de una señal que contiene una mezcla de frecuencias, tanto el prisma como la transformada extraen señales de frecuencia específicas.

Los datos que arroja el análisis espectral pueden entenderse como medidas de la cantidad de energía (potencia) distribuidas en bandas de frecuencia de la señal registrada. El rango de las frecuencias (ciclos por segundo o Hz) suele dividirse en la mayor parte de los estudios en cuatro bandas: a) delta (menos de 4 Hz), b) theta (4.5-7-5 Hz), c) alfa (7.5-13 Hz) y d) beta (14-30 Hz), aunque estos rangos varían, pudiendo incluir gamma (en frecuencias más rápidas) o dividiendo algunas bandas como alfa baja y alta (Evans & Abarbanel, 1999; Marosi-Holczberger, 2011). La actividad eléctrica cerebral de las bandas theta y delta suele considerarse como “actividad lenta”, por otro lado, la de las bandas alfa, beta y gamma se consideran “actividad rápida” (Evans & Abarbanel, 1999).

En el presente estudio se retomó la medida de la potencia absoluta (PA, área debajo de la curva) de las bandas de frecuencia más estudiadas en el envejecimiento, tema que se detallará en el último apartado de este capítulo.

2.3.3. Hallazgos EEG en el envejecimiento

Como se mencionó previamente, durante el envejecimiento se reportan cambios a nivel cognitivo y en la estructura cerebral, estos cambios parecen relacionarse a su vez con la dinámica cerebral (Fjell & Walhovd, 2010; Toepper, 2017).

Una manera de estudiar la dinámica cerebral es a través del EEG en reposo, donde se ha reportado que en los adultos mayores sanos (de 50 años o más) el deterioro cognitivo se asocia a una reducción de la actividad de alfa (Barry & De Blasio, 2017; Choi et al., 2019; Kamal et al., 2022; Kumral et al., 2020; Vlahou et al., 2014), y un incremento de la actividad delta y theta, lo que suele referirse como un enlentecimiento generalizado del EEG (Barry & De Blasio, 2017; Kamal et al., 2022; Vlahou et al., 2014).

Se desconoce la causa precisa de dicho enlentecimiento, sin embargo, se ha observado más frecuentemente en individuos con enfermedad cerebrovascular y aterosclerosis en comparación a sujetos sanos (Shearer, Emmerson & Dustman, 1989).

También se ha propuesto que este enlentecimiento del EEG parece ser un reflejo de los cambios neuroanatómicos y neurofisiológicos asociados al envejecimiento. Por ejemplo, la atrofia cerebral relacionada con la edad implica el decremento del número de neuronas que producen potenciales de acción, lo que a su vez implica una disminución de conexiones neurales (Vysata, Kukal, Prochazka & Pazdera, 2012).

Particularmente, Lizio et al. (2011) reportan que durante el envejecimiento existe una disminución de alfa en regiones parieto-occipitales lo que parece reflejar la actividad de redes neurales oscilatorias dominantes del cerebro en vigilia. Dicha actividad está modulada por interacciones tálamo-corticales y córticocorticales que facilitan o inhiben la transmisión de información sensoriomotora y la recuperación de información semántica. Una posible explicación de la disminución de la potencia alfa en regiones posteriores pueden ser los cambios en la función del sistema colinérgico, cambios que se relacionan también con el deterioro cognitivo y la EA (Lizio et al., 2011; Orta-Salazar, Cuellar-Lemus, Díaz-Cintra & Feria-Velasco, 2014).

3. Antecedentes

Los mecanismos cerebrales de la RC descritos en capítulos anteriores, han sido escasamente estudiados utilizando la técnica de EEG, a pesar de las ventajas previamente planteadas, tales como la evaluación directa del procesamiento neural. Los pocos estudios que exploran la relación entre la RC y el EEG son heterogéneos en cuanto a diseño, muestras y medidas utilizadas, tanto de RC como de EEG (Balart-Sánchez et al., 2021; Šneidere et al., 2020). La proporción de los estudios sobre EEG y RC disminuye si nos enfocamos en el EEG en reposo.

El estudio sobre la RC y el EEG en reposo ha mostrado depender de las variables proxy de RC utilizada, ya sea estática o dinámica. Una serie de estudios consideran solamente una variable proxy de RC (dinámica o estática), tal como el nivel educativo (Babiloni et al., 2020) o la actividad física incidental (Sanchez-Lopez et al., 2018). Los estudios restantes usan de forma indistinta una combinación de variables dinámicas y estáticas de RC: una puntuación compuesta de habilidad intelectual y escolaridad (Fleck et al., 2017), la puntuación total del Lifetime Experience Questionnaire (LEQ; Valenzuela & Sachdev, 2007) que evalúa antecedentes educativos, de actividades recreativas sociales y ocupacionales (Moezzi et al., 2019) o una combinación de medidas proxy calculadas a través de análisis factorial (Fleck et al., 2019) donde identificaron un factor cognitivo (escolaridad, CI y ocupación), social (actividades recreativas y sociales), y de ejercicio (actividades físicas y CI).

Los principales hallazgos de estos estudios sobre la relación de RC y EEG en reposo en la condición de ojos cerrados muestran que una mayor RC se asocia a una mayor PA alfa (Babiloni et al., 2020; Sanchez-Lopez et al., 2018), una mayor coherencia en las bandas

alfa y theta (Fleck et al., 2017), mayor Lagged Linear Connectivity (LLC) en alfa y theta (Fleck et al., 2019), menor PA de theta (Sanchez-Lopez et al., 2018), y menor coherencia imaginaria alfa (Moezzi et al., 2019). En la condición de ojos abiertos, una mayor RC se asoció a mayor LLC de alfa y theta (Fleck et al., 2019) y mayor coherencia imaginaria theta (Moezzi et al., 2019).

Los resultados en cognición demostraron que una mayor RC se relaciona con un mejor desempeño en tareas de memoria de trabajo espacial, atención sostenida (Fleck et al., 2019), span atencional, fluidez verbal (Fleck et al., 2017), razonamiento perceptual, tarea de claves (Sanchez-Lopez et al., 2018), cognición general evaluada con el Mini Examen del Estado Mental (MMSE; Fleck et al., 2017), CI de ejecución (Sanchez-Lopez et al., 2018) y el Addenbroke's Cognitive Examination-Revised (ACE-R; Moezzi et al., 2019). Solamente un estudio controló la variable de cognición general evaluada con el MMSE (Babiloni et al., 2020) y otro estudio no encontró asociación entre el factor de ejercicio, ni el EEG en reposo o cognición (Fleck et al., 2019).

Las evidencias sugieren una relación entre la RC y las bandas alfa y theta, sin embargo, la dirección de esta relación no es clara. Una posible explicación sobre la heterogeneidad de los resultados puede deberse a las diferentes variables proxies utilizadas. El uso de puntuaciones compuestas, escalas o combinaciones de variables se ha recomendado para evaluar de forma más precisa la variabilidad de la RC (Harrison et al., 2015; Opdebeeck et al., 2016), pero existe evidencia de diferencias en la relación entre cognición y el funcionamiento cerebral entre variables proxy estáticas y dinámicas de RC (Malek-Ahmadi et al., 2017; Serra et al., 2019). Las estáticas se relacionan con conocimientos cristalizados y distinguen entre volúmenes hipocampales y parahipocampales de pacientes con EA; las

dinámicas se asocian con habilidades fluidas y pueden distinguir desde el trastorno neurocognitivo menor (Malek-Ahmadi et al., 2017; Serra et al., 2019). A pesar de dicha evidencia, de acuerdo a lo que revisamos, no encontramos estudios que evalúan la RC como un compuesto de variables de una sola categoría.

4. Planteamiento del problema

4.1. Justificación

Por todo el panorama planteado en el marco teórico y los antecedentes, en el presente trabajo se propone el estudio de la relación de la RC evaluada con variables proxy dinámicas, el EEG en reposo y la cognición en adultos mayores sanos.

La RC es un concepto controversial que ha implicado dificultades a los investigadores para determinar cómo evaluarlo. La propuesta de categorización de variables estáticas y dinámicas es una manera de distinguir los mecanismos de la RC, siendo las variables dinámicas aquellas que parecen ser más sensibles a los cambios del envejecimiento.

Debido al aumento demográfico de la población geriátrica, y al caracterizarse por una serie de cambios cognitivos y cerebrales asociados a la edad, es necesario indagar aquellos factores protectores que puedan aminorar o detener el proceso de deterioro cognitivo.

Las variables dinámicas, tales como las actividades físicas y recreativas, pueden ser voluntaria y fácilmente implementadas por los individuos incluso en etapas tardías de la vida, y son representativas de un estilo de vida saludable (Erickson et al., 2019; Fallahpour et al., 2016; Wang et al., 2012). Sin embargo, no ha sido tan estudiada la relación de dichas variables con la actividad eléctrica cerebral y la cognición. Por lo tanto, obtener evidencia de ello, podría ayudar a identificar variables de fácil acceso e implementación por los

adultos mayores que ayuden a disminuir los efectos del envejecimiento y así mejorar su calidad de vida.

4.2. Preguntas de Investigación

¿Existirá relación entre la RC (evaluada con variables proxy dinámicas), la actividad eléctrica cerebral y la cognición en adultos mayores sanos?

4.3. Hipótesis

En adultos mayores sanos:

H1: A mayor RC (evaluada con variables proxy dinámicas), mejor desempeño cognitivo en habilidades fluidas.

H2: A mayor RC (evaluada con variables proxy dinámicas), mayor PA en la banda alfa, y menor PA en la banda theta.

4.4. Objetivo General

a) Evaluar la relación entre la RC con la cognición y el EEG en reposo en adultos mayores sanos usando tres de las variables proxy dinámicas de RC más utilizadas: inteligencia verbal, actividades recreativas y físicas.

4.5. Objetivo Específico

- Determinar la asociación entre la RC (evaluada con variables proxy dinámicas), el desempeño cognitivo y la PA en 8 bandas de frecuencia (delta, theta, alfa1, alfa2, beta1, beta2, beta3 y gamma) en adultos mayores sanos.

5.1. Diseño y Procedimiento

Es una investigación cuantitativa, transversal, con diseño no experimental y correlacional.

Se llevó a cabo un análisis secundario del estudio de Sanchez-Lopez et al. (2018), los distintos instrumentos y análisis llevados a cabo se detallarán en las siguientes páginas.

El presente trabajo se apega a las normas éticas universales que rigen la conducción de investigación en psicología, tales como la confidencialidad. Todos los participantes firmaron una carta de consentimiento informado aprobada por la Comisión de Ética del Instituto de Neurobiología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM; INEU/SA/CB/109, protocolo 030-H-RM).

Todas las evaluaciones se desarrollaron en el Instituto de Neurobiología de la UNAM, campus Juriquilla.

En un primer momento se realizaron las evaluaciones para conocer los criterios de inclusión y exclusión: una entrevista con datos personales, una evaluación psiquiátrica geriátrica y se aplicaron primero las pruebas de tamizaje. Posteriormente se aplicaron las pruebas cognitivas, y las escalas sobre datos de las actividades físicas recreativas para la RC. Finalmente se registró la actividad eléctrica cerebral en reposo.

5.2. Población de estudio

Los participantes fueron seleccionados de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión del estudio previamente mencionado de Sanchez-Lopez et al. (2018), los cuales se enlistan a continuación.

5.2.1. Criterios de inclusión, exclusión y eliminación

Criterios de inclusión:

- ✓ Los participantes deberán tener de 60 años en adelante.
- ✓ Visión normal o corregida.
- ✓ Firmar un consentimiento informado.
- ✓ Ausencia de deterioro cognitivo evaluado por la Escala de Deterioro Global (GDS; Reisberg et al., 1982), el Mini Examen del Estado Mental (MMSE; Folstein, Folstein & McHugh, 1975) y la Evaluación Neuropsicológica Breve en Español (NEUROPSI; Ostrosky-Solís, Ardila & Rosselli, 1999).
- ✓ Ausencia de síntomas depresivos evaluados indirectamente mediante el Cuestionario sobre Calidad de Vida: Satisfacción y Placer (Q-LES-Q; Endicott, Nee, Harrison & Blumenthal, 1993).
- ✓ Habilidad intelectual normal evaluada a través de la Escala Wechsler de Inteligencia para Adultos IV (WAIS-III-R; Wechsler, 2003).
- ✓ Ausencia de desventajas socioeconómicas medidas con la escala de la Asociación Mexicana de Investigación en Marketing y Agencias de Opinión Pública (AMAI 8 X 7, 2018).

Para los propósitos del presente estudio se incluyeron los siguientes criterios de inclusión:

- ✓ Haber finalizado la secundaria (para controlar la variable estática de RC de escolaridad).
- ✓ Ser diestros.

Criterios de exclusión:

- ⊗ Presencia de trastornos neurológicos o psiquiátricos.
- ⊗ Presencia de niveles anormales de química sanguínea, colesterol, triglicéridos, glucosa u hormona estimulante de la tiroides.

Para los propósitos del presente estudio se agregó el siguiente criterio de exclusión:

- ⊗ Presentar una tasa de muestreo de 100 Hz para analizar la actividad de la banda de frecuencia gamma.

5.2.2. Tamaño de muestra

La muestra quedó conformada por 88 adultos mayores sanos (58 mujeres, 30 hombres) con un rango de edad de 60 a 77 años.

5.2.3. Selección de muestra

El muestreo fue por conveniencia, se hizo una invitación abierta a aquellos adultos mayores que desearan participar en el estudio.

5.3. Variables

5.3.1. Variables sociodemográficas

Las variables sociodemográficas fueron evaluadas mediante una breve entrevista inicial. La edad fue considerada en años, el sexo como variable dicotómica (masculino/femenino). La educación se categorizó en cuatro niveles, comenzando con secundaria (debido al criterio de inclusión previamente expuesto): 1) Secundaria, 2) Preparatoria, 3) Licenciatura, 4) Posgrado (maestría y doctorado).

5.3.2. Variables dependientes

Las variables dependientes de este estudio son la cognición y el EEG en reposo. Para evaluar cognición se retomaron las subpruebas del WAIS-III-R y el NEUROPSI, en la Tabla 1 se puede revisar la respectiva operacionalización.

Tabla 1

Variable dependiente (cognición)

Procesos cognitivos	Operacionalización
Memoria de Trabajo	Puntuaciones índices de la Escala
WAIS-III-R Razonamiento Perceptual	Wechsler de Inteligencia para Adultos IV (WAIS-III-R), excepto la de comprensión verbal.
Velocidad de Procesamiento	
Atención y concentración	Puntuaciones compuestas por las
Memoria	subpruebas que conforman cada proceso
NEUROPSI	cognitivo de la Evaluación
Lenguaje	Neuropsicológica Breve en Español (NEUROPSI).
Funciones ejecutivas	

Para el EEG en reposo, se calcularon las PA en 8 bandas de frecuencia, posteriormente se hizo un análisis de componentes principales (ACP) que arrojó 15 componentes de los que se retomaron 6, como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2

Variable dependiente (EEG en reposo)

Factores	Operacionalización
Beta	Puntuación del componente 1 del ACP, conformado predominantemente por electrodos de la banda beta (tanto 1, 2 y 3).
Alfa1	Puntuación del componente 2 del ACP, conformado predominantemente por electrodos de la banda alfa1.
Alfa2	Puntuación del componente 3 del ACP, conformado predominantemente por electrodos de la banda alfa2.
Gamma	Puntuación del componente 4 del ACP, conformado predominantemente por electrodos de la banda gamma y beta3.
Theta	Puntuación del componente 5 del ACP, conformado predominantemente por electrodos de la banda theta.
Delta	Puntuación del componente 6 del ACP, conformado predominantemente por electrodos de la banda delta.

5.3.3. Variable independiente

La RC es la variable independiente del presente estudio, donde se retomaron tres de las variables proxy dinámicas de RC más utilizadas en la literatura. En la Tabla 3 se pueden revisar dichas variables y su correspondiente operacionalización.

Tabla 3

Variable independiente

Variables	Operacionalización
Inteligencia verbal	Puntuación escalar del subtest de vocabulario del WAIS-III-R.
Reserva Cognitiva	Suma total de una adaptación de la dimensión de “hobbies” del estudio piloto de la Escala de Reserva Cognitiva (ERC).
Actividades físicas	Índice de Actividad Física Total de la Encuesta sobre Actividad Física de Yale (YPAS, por sus siglas en inglés).

En el siguiente apartado (“instrumentos”) se detallarán los datos de las pruebas que sirvieron para operacionalizar las variables mencionadas en las tablas.

5.4. Instrumentos

Los instrumentos utilizados para evaluar las distintas variables se describen a continuación.

5.4.1. Variables Dependientes

Escala Wechsler de Inteligencia para Adultos III-R (WAIS-III-R, Wechsler, 2003). Usado para evaluar la capacidad cognitiva tanto de adolescentes como adultos, en edades de 16 años a 90 con 11 meses, está estandarizado para población mexicana. Se compone de 13 subpruebas. A partir de la puntuación de cada subprueba se calculan tres CI (verbal, ejecución y total) y cuatro puntuaciones índices (índice de comprensión verbal, ICV; índice de memoria de trabajo, IMT; índice de organización perceptual, IOP; y el índice de velocidad de procesamiento, IVP). Estos índices están integrados por algunas de las 13 subpruebas: a) ICV, semejanzas, vocabulario, información, y comprensión; b) IMT, aritmética, retención de dígitos, secuencia de números y letras; c) IOP, figuras incompletas, diseño con cubos, matrices, ordenamiento de dibujos; d) IVP, búsqueda de símbolos y claves.

Evaluación Neuropsicológica Breve en español (NEUROPSI; Ostrosky-Solís et al., 1999). Permite evaluar el funcionamiento cognitivo en personas de 16 a 85 años, está estandarizado para población mexicana. Es usado particularmente en pacientes neurológicos, geriátricos y psiquiátricos. La batería está compuesta por distintas subpruebas que evalúan los siguientes procesos cognitivos: a) atención y concentración (retención de dígitos, detección visual y resta), b) memoria (codificación y evocación de una lista de palabras y figura semicompleja), c) lenguaje (fluidez semántica y fonológica, denominación, repetición y comprensión), y d) funciones ejecutivas y motoras (programación motora y reacciones opuestas). Incluimos fluidez semántica y fonológica en el apartado de funciones ejecutivas como otros autores han recomendado (Piatt, Fields, Paolo & Tröster, 1999; Snyder & Munakata, 2008).

Adquisición del EEG y análisis de la señal. Se realizó el registro del EEG en reposo de los participantes, por un periodo de 10 a 15 minutos en la condición de ojos cerrados en una habitación a prueba de sonido, con jaula de Faraday y tenuemente iluminada, utilizando el Sistema Medicid™ IV (Neuronic Mexicana, S.A.; México) y el software de adquisición de la señal de EEG (Track Walker™ v2.0). Los datos del EEG se registraron utilizando 19 canales de acuerdo con el sistema internacional 10/20 con un gorro elástico (ElectroCap™, International Inc.; Eaton, Ohio), utilizando como referencias los lóbulos de las orejas (A1A2). El ancho de banda del amplificador fue de 0.50 a 50 Hz, y los niveles de impedancia se mantuvieron en 10 kΩ o menos. La tasa de muestreo fue de 200 Hz, y la señal se amplificó con una ganancia de 20,000. Se les indicó a los participantes no consumir pastillas para dormir la noche previa, dormir al menos 6 horas y realizar sus actividades matutinas de forma normal. Los registros se realizaron entre las 8 y 12 de la mañana. Se realizaron descansos de manera regular para evitar la presencia de actividad lenta debida a la somnolencia.

Un experto en EEG inspeccionó visualmente fuera de línea el registro de EEG de cada participante. Ningún participante presentó actividad paroxística. Un criterio que se utilizó para la edición del EEG fue que la frecuencia o amplitud del ritmo posterior no debería estar reducido con respecto al inicio del registro. Se seleccionaron 24 segmentos libres de artefacto de 2.56 segundos para el análisis cualitativo.

El preprocesamiento y análisis cualitativo del EEG se realizaron fuera de línea utilizando el toolbox de EEGLAB (Delorme & Makeig, 2004) y un script personalizado para el software de MATLAB (The MathWorks Inc., Natick, MA, USA). Los datos se filtraron de 0.5 a 50 Hz, y se aplicó además un método (Artifact subspace reconstruction) que elimina el ruido

de amplitudes altas incluyendo artefactos asociados a movimientos. Se calculó la PA aplicando la transformada rápida de Fourier para cada electrodo en distintas bandas de frecuencia, incluyendo delta (0.5 – 3.5 Hz), theta (3.6 – 7.5 Hz), alfa1 (7.6 – 10 Hz), alfa2 (10.1 – 12.5 Hz), beta1 (12.6 – 16.5 Hz), beta2 (16.6 – 20.5 Hz), beta3 (20.6 – 30.5 Hz) y gamma (30.6 – 50 Hz).

Se realizó un ACP con la rotación varimax en la PA de los 19 electodos en las 8 bandas de frecuencia para reducir el número de variables. El ACP arrojó 15 componentes que explicaban el 92.67% de la varianza total y que cumplían el criterio de Kaiser (Kaiser, 1960), pero solamente los primeros 11 que explicaban el 88.11% de la varianza total incluían las 152 variables (Tabla 4). Se calculó la puntuación de cada uno de los 11 primeros componentes.

Seleccionamos los primeros seis componentes que explicaban el 72.49% de la varianza total porque estaban compuestos principalmente por electodos de las siguientes bandas de frecuencia: beta (12.6-30.5 Hz), alfa1, alfa2, gamma, theta y delta (Figura 3). Los últimos 5 componentes se excluyeron porque estaban compuestos por unos cuantos electodos restantes de las bandas de frecuencia delta, beta y gamma (Tabla 4 y Figura 3).

Tabla 4

Matriz de componentes rotados

Variables	Componentes										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P4-Beta2	0.879	0.230	0.222	0.139		0.133					
Pz-Beta2	0.869	0.277	0.222	0.187		0.120					
P3-Beta2	0.860	0.231	0.240	0.195		0.143		0.167			
C4-Beta2	0.851	0.315	0.179	0.244	0.150	0.101					
Cz-Beta2	0.840	0.349	0.164	0.257	0.105		0.156				
C3-Beta2	0.819	0.298	0.235	0.296	0.140						

Fz-Beta2	0.808	0.423	0.172	0.261	0.110		0.110		
F3-Beta2	0.745	0.334	0.251	0.348	0.109		0.138		0.115
O2-Beta2	0.714	0.329	0.358	0.243		0.200		0.157	
T6-Beta2	0.709	0.295	0.256	0.238		0.239		0.189	
C4-Beta1	0.706	0.328	0.301	0.135	0.289	0.191	0.118	0.318	
F4-Beta2	0.700	0.336	0.110	0.356	0.128				0.396
Cz-Beta3	0.695	0.210	0.214	0.554					
Pz-Beta3	0.683	0.104	0.309	0.572		0.158	0.107		
O1-Beta2	0.674	0.326	0.327	0.299		0.157	0.208	0.304	0.136
P4-Beta3	0.659		0.297	0.588		0.177		0.147	
Cz-Beta1	0.657	0.378	0.286	0.140	0.260	0.134	0.228		0.362
C3-Beta1	0.652	0.319	0.379	0.174	0.254	0.163	0.112		0.322
P3-Beta1	0.647	0.265	0.386		0.308	0.195		0.104	0.396
Fz-Beta1	0.646	0.443	0.284	0.140	0.293		0.165		0.314
Fz-Beta3	0.639	0.224	0.220	0.584			0.216		
C4-Beta3	0.638	0.195	0.173	0.621		0.148	0.160		
P3-Beta3	0.624		0.283	0.564		0.132		0.364	-0.111
F3-Beta1	0.620	0.370	0.311	0.201	0.270	0.147	0.157		0.363
P4-Beta1	0.614	0.260	0.375		0.362	0.197			0.424
Pz-Beta1	0.611	0.326	0.365		0.290	0.184	0.166		0.432
F4-Beta1	0.602	0.363	0.215	0.211	0.319		0.109	0.323	0.281
T6-Beta1	0.532	0.318	0.326		0.232	0.231		0.522	
Fp2-Beta1	0.527	0.347	0.187	0.217	0.264		0.346	0.273	0.428
F8-Beta2	0.505	0.399		0.482		0.134		0.312	0.163
F8-Beta1	0.484	0.439	0.124	0.252	0.264	0.177	0.181	0.475	
O1-Beta1	0.464	0.236	0.375		0.352	0.190	0.233	0.167	0.457
<hr/>									
Pz-Alfa1	0.183	0.869	0.157		0.193	0.149			
T6-Alfa1	0.265	0.860	0.237		0.209	0.114		0.164	
P4-Alfa1	0.218	0.859	0.226		0.207	0.192			
Cz-Alfa1	0.315	0.854	0.211		0.196	0.111	0.146		
F8-Alfa1	0.320	0.843	0.176		0.181		0.185	0.118	
P3-Alfa1	0.139	0.841	0.299		0.243	0.191			
C4-Alfa1	0.314	0.840	0.248		0.209	0.175	0.103		
Fz-Alfa1	0.337	0.836	0.222		0.229		0.106		
F4-Alfa1	0.353	0.832	0.235		0.220		0.114		
O2-Alfa1		0.830	0.250		0.210	0.150		0.121	
F7-Alfa1	0.375	0.827	0.231		0.202		0.138		
Fp2-Alfa1	0.338	0.825	0.189		0.224		0.210		

F3-Alfa1	0.372	0.825	0.246		0.221		0.111	
C3-Alfa1	0.329	0.825	0.313		0.223	0.144		
Fp1-Alfa1	0.348	0.823	0.189		0.230		0.225	
T4-Alfa1	0.243	0.792	0.223		0.127	0.154		0.261
O1-Alfa1		0.779	0.221		0.203	0.127		
T3-Alfa1	0.246	0.767	0.339		0.183	0.121		0.124
T5-Alfa1	0.134	0.748	0.410		0.280	0.155		0.171
<hr/>								
P3-Alfa2	0.187	0.156	0.896		0.169	0.208		
C3-Alfa2	0.240	0.253	0.880	0.159	0.144	0.139		
Cz-Alfa2	0.226	0.283	0.861	0.171	0.162			
F3-Alfa2	0.276	0.271	0.850	0.138	0.212	0.125		
T5-Alfa2	0.106		0.845		0.183	0.260	0.123	0.136
C4-Alfa2	0.223	0.317	0.844	0.182	0.186	0.168		
P4-Alfa2	0.248	0.209	0.842		0.199	0.206		
F4-Alfa2	0.218	0.287	0.836	0.137	0.263	0.103		
Pz-Alfa2	0.300	0.214	0.827		0.164	0.148		-0.154
T3-Alfa2	0.203	0.286	0.824			0.152		
Fz-Alfa2	0.231	0.304	0.824	0.113	0.255			
O2-Alfa2	0.128	0.156	0.819		0.116	0.269		0.202
F7-Alfa2	0.301	0.265	0.818	0.167	0.169	0.136	0.153	0.124
Fp1-Alfa2	0.259	0.275	0.814		0.233	0.153	0.124	
Fp2-Alfa2	0.230	0.299	0.803		0.255	0.155		0.127
O1-Alfa2			0.784		0.196	0.297		0.158
T6-Alfa2	0.220	0.252	0.778		0.125	0.200		0.311
F8-Alfa2	0.240	0.400	0.753	0.133	0.235	0.213		0.189
T4-Alfa2	0.217	0.413	0.718	0.164		0.216		0.230
<hr/>								
Pz-Gamma	0.266		0.139	0.880			0.199	0.124
P4-Gamma	0.228		0.102	0.864			0.172	0.299
Cz-Gamma	0.258		0.199	0.861		0.128	0.214	
C3-Gamma	0.135			0.835			0.136	
C4-Gamma	0.202			0.817			0.394	
F8-Gamma	0.104			0.812				0.179
Fz-Gamma	0.212		0.266	0.769		0.101	0.416	0.149
F8-Beta3	0.303	0.120		0.725		0.124		0.183
P3-Gamma	0.149			0.722			0.173	0.603
F3-Gamma	0.150		0.191	0.706			0.336	0.145
T6-Gamma	0.116		0.145	0.689		0.180		0.102
O2-Beta3	0.384		0.309	0.679			0.151	0.125
								0.126

T4-Gamma				0.677	0.129		0.513	
T3-Gamma	-0.115	-0.146		0.668	0.115	0.113	0.438	
O2-Gamma				0.656		0.190	0.155	0.100
C3-Beta3	0.631	0.188	0.220	0.645	0.118	0.119		
T4-Beta3	0.237	0.109		0.642	0.219		0.419	0.167
T3-Beta3	0.121			0.637	0.142	0.122	0.497	
T6-Beta3	0.348		0.224	0.624	0.250			
F4-Gamma	0.144			0.622				0.602
F3-Beta3	0.440		0.318	0.615		0.306		0.123
F4-Beta3	0.452	0.135		0.580				0.526
O1-Beta3	0.288		0.203	0.579		0.531	0.406	
T3-Beta2	0.353			0.467	0.181	0.221	0.324	0.286
P3-Theta	0.116		0.186	0.886	0.219			-0.164
T5-Theta		0.107	0.154	0.885	0.224		0.109	
P4-Theta		0.174	0.189	0.870	0.240			-0.139
Pz-Theta	0.137	0.243	0.200	0.866	0.277			
C4-Theta	0.162	0.177	0.236	0.859	0.303			
C3-Theta	0.181	0.160	0.261	0.856	0.322			
Cz-Theta	0.166	0.236	0.209	0.834	0.324			
O1-Theta		0.299	0.166	0.816	0.294			
T6-Theta	0.161	0.434	0.141	0.786	0.253		0.146	
F4-Theta	0.163	0.319	0.255	0.748	0.298			0.165
O2-Theta	0.103	0.421	0.181	0.742	0.319		0.133	
Fz-Theta	0.136	0.344	0.240	0.741	0.251			0.153
F7-Theta		0.325	0.189	0.732	0.237			0.263
Fp1-Theta		0.294	0.125	0.731	0.226			0.440
F3-Theta	0.160	0.300	0.264	0.731	0.315			0.188
Fp2-Theta		0.364	0.141	0.724	0.253	0.104		0.386
T3-Theta		0.196	0.190	0.695	0.261		0.125	0.132
F8-Theta	0.134	0.484	0.130	0.672	0.307		0.103	0.224
T4-Theta	0.137	0.471	0.220	0.636	0.356		0.158	0.134
Cz-Delta	0.134		0.202	0.145	0.236	0.889		
P3-Delta	0.175		0.179		0.269	0.884		
C4-Delta	0.146	0.103	0.206	0.122	0.264	0.874		
C3-Delta	0.149		0.177		0.290	0.873		
Pz-Delta	0.157	0.103	0.213		0.263	0.872		
O2-Delta	0.103	0.153	0.205		0.264	0.845		
T6-Delta	0.113	0.270	0.156	0.129	0.258	0.828	0.135	

Fz-Delta	0.131	0.183	0.148	0.120	0.317	0.808					
F3-Delta	0.153	0.162	0.215	0.155	0.268	0.805					0.117
F4-Delta	0.151	0.192	0.192	0.123	0.362	0.770					0.165
T4-Delta		0.297	0.185	0.197	0.157	0.749					0.113
T5-Delta		0.193	0.124		0.275	0.732					
T3-Delta	0.122		0.253	0.225	0.208	0.720		0.153			0.142
O1-Delta				-0.109	0.179	0.660					
F7-Delta		0.218	0.189	0.166	0.359	0.614					0.279
P4-Delta			0.238		0.564	0.571					-0.261
F8-Delta		0.354	0.163	0.147	0.349	0.506					0.401
<hr/>											
F7-Beta3		0.114		0.227		0.944					
F7-Gamma			-0.101	0.297		0.920					
Fp1-Beta3	0.147		0.104	0.290		0.911			0.101		
Fp1-Gamma				0.327		0.907				0.150	
F7-Beta2	0.359	0.249		0.280		0.823		0.102			
Fp1-Beta2	0.458	0.238	0.202	0.355		0.706				0.173	
O1-Gamma				0.526		0.651	0.393				
F7-Beta1	0.436	0.313	0.147	0.230	0.199	0.107	0.611		0.362		
Fp1-Beta1	0.507	0.310	0.264	0.227	0.229		0.561		0.275	0.128	
<hr/>											
T5-Beta3				0.263			0.952				
T5-Gamma				0.275			0.944				
T5-Beta2	0.240			0.204			0.924				
T5-Beta1	0.350		0.230		0.188	0.134	0.783	0.302			
T4-Beta2	0.405	0.396		0.328	0.104	0.183	0.429	0.373	0.101		
<hr/>											
T4-Beta1	0.424	0.483	0.197		0.195	0.229		0.206	0.540		
T3-Beta1	0.408	0.160	0.255	0.181	0.219	0.274		0.179	0.536		
O2-Beta1	0.490	0.317	0.387		0.266	0.212			0.534		
<hr/>											
Fp2-Gamma	0.106			0.473		-0.119	0.418				0.695
Fp2-Beta3	0.231			0.391		-0.112	0.524				0.637
Fp2-Beta2	0.504	0.252	0.119	0.315			0.350				0.624
<hr/>											
Fp1-Delta					0.358	0.426					0.695
Fp2-Delta					0.193	0.453					0.648
<hr/>											
Autovalor	67.92	21.68	11.47	8.24	6.07	4.90	4.60	3.81	2.69	2.07	1.91
Varianza explicada, %	14.46	13.67	12.39	11.65	10.89	9.41	5.48	3.86	2.99	1.85	1.43
Varianza acumulada, %	14.46	28.13	40.53	52.18	63.07	72.49	77.97	81.38	84.83	86.68	88.11

Nota. Método de extracción: Análisis de componentes principales. Método de rotación: Varimax con normalización de Kaiser.

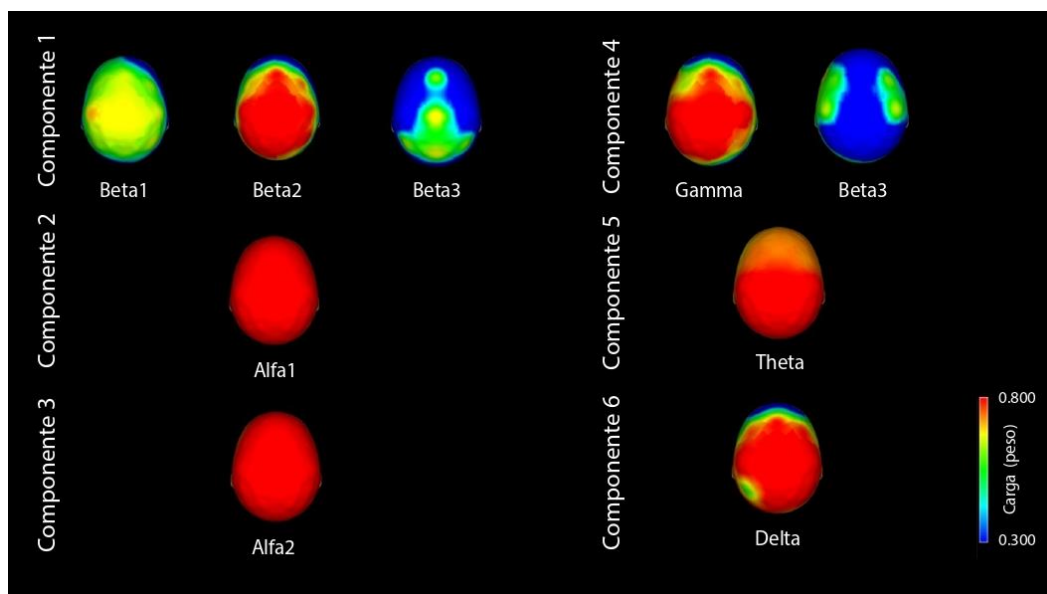


Figura 3. Representación topográfica de los primeros seis componentes del EEG.

Componente 1 (Beta), Componente 2 (Alfa1), Componente 3 (Alfa2), Componente 4 (Gamma), Componente 5 (Theta) y Componente 6 (Delta).

5.4.1. Variables Independientes

Escala Wechsler de Inteligencia para Adultos III-R (WAIS-III-R, Wechsler, 2003). Escala ya descrita en el apartado de “Variables dependientes”. Se retomó la puntuación escalar de la subprueba de “vocabulario”.

Dimensión de Hobbies. Elaboramos preguntas a partir de los reactivos relacionados a actividades recreativas presentados en el estudio piloto de la ERC (León, García & Roldán-Tapia, 2011; León, García-García & Roldán-Tapia, 2014): leer, jugar juegos de mesa,

escribir, escuchar música, ver la televisión, tocar un instrumento musical, coleccionar objetos, viajar, asistir a eventos culturales, manualidades, cocinar, pintar/tomar fotografías, ir de compras y realizar actividad física. Evaluamos la frecuencia de realización de estas actividades con una escala tipo Likert de 0 a 4 puntos en tres distintas etapas de la vida (juventud, adultez y vejez). Para considerar el desarrollo de la RC a lo largo de la vida, consideramos la puntuación total de las tres etapas de vida de los participantes.

Cuestionario de Actividad Física de Yale (YPAS; De Abajo, Larriba & Márquez, 2001; Dipietro, Caspersen, Ostfeld & Nadel, 1993). El YPAS es un cuestionario que se integra por dos secciones que describen la activación física diaria de los adultos mayores (Dipietro et al., 1993), y fue adaptada al español (De Abajo et al., 2001). La primera parte comprende distintos reactivos sobre el tiempo empleado (horas a la semana) en actividades laborales, de ejercicio y recreativas. La segunda parte consiste en cinco reactivos con opciones categóricas (frecuencia y tiempo empleado en minutos u horas) sobre distintas actividades físicas (actividad vigorosa, pasear relajadamente, moviéndose, estar de pie y estar sentado). Para cada tipo de actividad se calcula un índice: la frecuencia y duración de cada actividad se multiplica por un factor calculado de acuerdo con la intensidad de la actividad.

5.5. Análisis de datos

Todos los análisis estadísticos se calcularon con el programa IBM SPSS Statistics versión 25.0 (SPSS Inc., Chicago, USA) para Windows. El nivel de significancia considerada fue de $p < 0.05$.

Se ejecutaron análisis descriptivos para los datos de edad, nivel educativo y sexo.

Se llevaron a cabo regresiones lineales múltiples usando las tres variables proxy dinámicas de RC como predictores: inteligencia verbal (vocabulario del WAIS-III-R), actividades recreativas (hobbies), y actividad física (índice de actividad física total, YPAS).

Antes de llevar a cabo las regresiones, se revisaron los supuestos de linealidad, homocedasticidad, independencia y normalidad. Además, se ejecutaron correlaciones para evaluar si la edad, nivel educativo y sexo se asociaban con las variables de desempeño cognitivo o del EEG en reposo.

Posteriormente, se llevaron a cabo una serie de regresiones lineales múltiples con los tres índices del WAIS-III-R (IOP, IMT e IVP), los cuatro procesos cognitivos del NEUROPSI (atención, memoria, lenguaje y funciones ejecutivas), y los seis componentes del EEG en reposo (beta, alfa1, alfa2, gamma, theta y delta) como variables dependientes. Se aplicó la corrección de Bonferroni a los siete modelos de desempeño cognitivo ($p < 0.05/7 = 0.007$) y a los seis modelos de regresión del EEG en reposo ($p < 0.05/6 = 0.008$) para evaluar los modelos estadísticamente significativos. El Modelo 1 incluyó inteligencia verbal, actividades físicas y recreativas como predictores, en el Modelo 2 se incluyeron la edad, sexo y nivel educativo como covariables.

6. Resultados

Los datos descriptivos sociodemográficos de los participantes pueden observarse en las Tablas 5 y 6.

Tabla 5

Datos sociodemográficos (medias y D.E.)

	Media	D.E.
Edad	66.72	4.32
CI Total	103.98	8.76
NEUROPSI total	101.80	7.36
Calidad de vida (Q-LES-Q)	76.68	9.84

Nota. CI: Coeficiente Intelectual; Q-LES-Q: Quality of Life Enjoyment and Satisfaction Questionnaire; D.E.: Desviación estándar.

Tabla 6

Datos sociodemográficos (n y %)

	N	%
Femenino	58	65.9
Masculino	30	34.1
Nivel educativo		
Secundaria	4	4.5
Preparatoria	21	23.9
Universidad	25	28.4
Posgrado	38	43.2
Estatus socioeconómico		
Media-baja (C-)	1	1.1

Media-media (C)	2	2.3
Media-alta (C+)	13	14.8
Alta (A/B)	72	81.8

Encontramos correlaciones entre algunas variables cognitivas y el EEG en reposo con edad, sexo y nivel educativo (Tabla 7). Por lo tanto, estas variables se ajustaron en los modelos de regresión lineal subsecuentes.

Tabla 7

Correlaciones entre desempeño cognitivo, EEG en reposo y variables sociodemográficas.

	Edad	Sexo	Nivel educativo
	r (valor p)	r (valor p)	r (valor p)
IOP	-0.289 (0.006)*	0.000 (0.997)	0.354 (0.001)*
IMT	0.177 (0.100)	0.089 (0.411)	0.157 (0.145)
IVP	-0.538 (<0.001)*	-0.179 (0.095)	0.025 (0.817)
Atención	-0.009 (0.932)	-0.090 (0.405)	0.049 (0.649)
Memoria	0.148 (0.168)	-0.278 (0.009)*	0.140 (0.192)
Lenguaje	0.183 (0.087)	0.107 (0.320)	0.180 (0.093)
Funciones ejecutivas	0.267 (0.012)*	0.039 (0.721)	0.175 (0.103)
Beta	-0.036 (0.736)	-0.220 (0.039)*	0.098 (0.363)
Alfa1	0.044 (0.687)	0.093 (0.391)	0.259 (0.015)*
Alfa2	-0.110 (0.310)	-0.027 (0.802)	-0.162 (0.133)
Gamma	0.020 (0.851)	0.059 (0.583)	-0.069 (0.521)

Theta	0.062 (0.568)	-0.148 (0.169)	-0.079 (0.464)
Delta	0.126 (0.241)	-0.185 (0.084)	-0.046 (0.672)

Nota. IOP: Índice de Organización Perceptual; IMT: Índice de Memoria de Trabajo; IVP: Índice de Velocidad de Procesamiento.

* $p < 0.05$

6.1. Cognición

Los modelos de regresión lineal múltiple del desempeño cognitivo están resumidos en la Tabla 8 (resultados del WAIS-III-R) y la Tabla 9 (resultados del NEUROPSI).

Para los índices del WAIS-III-R, se identificó un modelo de regresión estadísticamente significativo para el IOP ($F[6,81] = 8.141$, $p < 0.001$), con una R^2 de 0.376, e inteligencia verbal como predictor positivo ($\beta = 2.955$, 95% IC [1.275, 4.635], $p = 0.001$). Se encontró otro modelo significativo para el IMT ($F[6,81] = 3.980$, $p = 0.002$), con una R^2 de 0.228, e inteligencia verbal como predictor positivo ($\beta = 1.384$, 95% IC [0.690, 2.078], $p < 0.001$). El IVP también arrojó un modelo significativo ($F[6,81] = 11.175$, $p < 0.001$), con una R^2 de 0.453, y nuevamente inteligencia verbal como predictor positivo ($\beta = 4.221$, 95% IC [1.892, 6.550], $p = 0.001$).

Tabla 8

Análisis de regresión lineal múltiple con los índices del WAIS-III-R como variables dependientes

		Modelo 1^a		Modelo 2^b	
		B (95% IC)	Valor p	B (95% IC)	Valor p
IOP	Inteligencia verbal	3.734 (2.078, 5.390)	<0.001*	2.955 (1.275, 4.635)	0.001*
	Actividades físicas	0.055 (-0.059, 0.170)	0.337	0.028 (-0.078, 0.135)	0.600
	Actividades recreativas	0.013 (-0.098, 0.124)	0.820	0.062 (-0.044, 0.169)	0.247

	Edad	-		-1.160 (-1.737, -0.583)	<0.001
	Sexo	-		0.978 (-4.193, 6.148)	0.708
	Nivel educativo	-		3.438 (0.540, 6.335)	0.021
	a. $R^2=0.217$, $F(3,84)=7.739$, $p=<0.001$				
	b. $R^2=0.376$, $F(6,81)=8.141$, $p=<0.001^*$				
IMT	Inteligencia verbal	1.329 (0.702, 1.955)	<0.001*	1.384 (0.690, 2.078)	<0.001*
	Actividades físicas	-0.025 (-0.068, 0.018)	0.256	-0.020 (-0.064, 0.025)	0.380
	Actividades recreativas	-0.036 (-0.078, 0.006)	0.094	-0.045 (-0.089, -0.002)	0.043
	Edad	-		0.211 (-0.028, 0.449)	0.083
	Sexo	-		0.640 (-1.495, 2.776)	0.552
	Nivel educativo	-		-0.268 (-1.465, 0.929)	0.657
	a. $R^2=0.187$, $F(3,84)=6.461$, $p=0.001$				
b. $R^2=0.228$, $F(6,81)=3.980$, $p=0.002^*$					
IVP	Inteligencia verbal	3.907 (1.374, 6.441)	0.003*	4.221 (1.892, 6.550)	0.001*
	Actividades físicas	0.209 (0.034, 0.383)	0.020*	0.126 (-0.022, 0.274)	0.093
	Actividades recreativas	-0.045 (-0.215, 0.124)	0.598	0.087 (-0.060, 0.234)	0.244
	Edad	-		-2.456 (-3.256, -1.656)	<0.001
	Sexo	-		-1.612 (-8.781, 5.558)	0.656
	Nivel educativo	-		-0.531 (-4.549, 3.487)	0.793
	a. $R^2=0.164$, $F(3,84)=5.476$, $p=0.002$				
b. $R^2=0.453$, $F(6,81)=11.175$, $p=<0.001^*$					

Nota. IOP: Índice de Organización Perceptual; IMT: Índice de Memoria de Trabajo; IVP: Índice de Velocidad de Procesamiento; IC: intervalo de confianza; *Significativo al nivel alfa con la corrección de Bonferroni de 0.007.

Los resultados del NEUROPSI mostraron un modelo estadísticamente significativo exclusivamente para las Funciones ejecutivas ($F[6,81] = 4.733$, $p < 0.001$), con una R^2 de 0.509, e inteligencia verbal como predictor positivo ($\beta = 0.573$, 95% IC [0.302, 0.845], $p < 0.001$).

Todos los modelos fueron estadísticamente significativos (corrección de Bonferroni: $p < 0.007$) incluso después de ajustarlos por edad, sexo y nivel educativo.

Tabla 9

Análisis de regresión lineal múltiple con los procesos del NEUROPSI como variables dependientes

	Modelo 1 ^a		Modelo 2 ^b		
	B (95% IC)	Valor p	B (95% IC)	Valor p	
Atención	Inteligencia verbal	0.226 (0.070, 0.381)	0.005*	0.255 (0.080, 0.430)	0.005
	Actividades físicas	-0.003 (-0.014, 0.007)	0.538	-0.004 (-0.015, 0.007)	0.493
	Actividades recreativas	0.001 (-0.009, 0.012)	0.809	0.002 (-0.009, 0.013)	0.721
	Edad	-		-0.007 (-0.067, 0.053)	0.818
	Sexo	-		-0.112 (-0.652, 0.427)	0.679
	Nivel educativo	-		-0.115 (-0.418, 0.187)	0.451
	a: $R^2=0.312$, $F(3,84)=3.025$, $p=0.034$				
	b: $R^2=0.333$, $F(6,81)=1.685$, $p=0.135$				
Memoria	Inteligencia verbal	0.422 (0.147, 0.697)	0.003*	0.384 (0.088, 0.679)	0.012
	Actividades físicas	-0.006 (-0.025, 0.013)	0.558	-0.001 (-0.020, 0.018)	0.900
	Actividades recreativas	0.021 (0.003, 0.040)	0.023*	0.016 (-0.002, 0.035)	0.085
	Edad	-		0.070 (-0.032, 0.171)	0.175

	Sexo	-		-1.367 (-2.276, -0.458)	0.004
	Nivel educativo	-		0.099 (-0.411, 0.608)	0.701
	a: $R^2=0.176$, $F(3,84)=5.982$, $p=0.001$				
	b: $R^2=0.263$, $F(6,81)=4.819$, $p<0.001^*$				
Lenguaje	Inteligencia verbal	0.255 (0.048, 0.462)	0.017*	0.248 (0.016, 0.480)	0.036
	Actividades físicas	0.004 (-0.010, 0.019)	0.537	0.006 (-0.009, 0.020)	0.451
	Actividades recreativas	0.011 (-0.003, 0.025)	0.109	0.009 (-0.006, 0.024)	0.218
	Edad	-		0.043 (-0.037, 0.122)	0.291
	Sexo	-		0.262 (-0.452, 0.975)	0.468
	Nivel educativo	-		0.018 (-0.382, 0.418)	0.931
	a: $R^2=0.344$, $F(3,84)=3.763$, $p=0.014$				
	b: $R^2=0.379$, $F(6,81)=2.268$, $p=0.045^*$				
Funciones ejecutivas	Inteligencia verbal	0.557 (0.307, 0.806)	<0.001*	0.573 (0.302, 0.845)	<0.001*
	Actividades físicas	-0.003 (-0.021, 0.014)	0.699	0.000 (-0.017, 0.018)	0.955
	Actividades recreativas	-0.003 (-0.020, 0.014)	0.712	-0.009 (-0.027, 0.008)	0.278
	Edad	-		0.125 (0.032, 0.218)	0.009
	Sexo	-		-0.040 (-0.875, 0.795)	0.924
	Nivel educativo	-		-0.105 (-0.573, 0.363)	0.658
	a: $R^2=0.437$, $F(3,84)=6.624$, $p<0.001$				
	b: $R^2=0.509$, $F(6,81)=4.733$, $p<0.001^*$				

Nota. IC: intervalo de confianza; *Significativo al nivel alfa con la corrección de Bonferroni de 0.007.

En la Figura 4 puede observarse un resumen de los modelos de regresión lineal múltiple del desempeño cognitivo estadísticamente significativos (corrección de Bonferroni: $p < 0.007$) con sus correspondientes predictores.

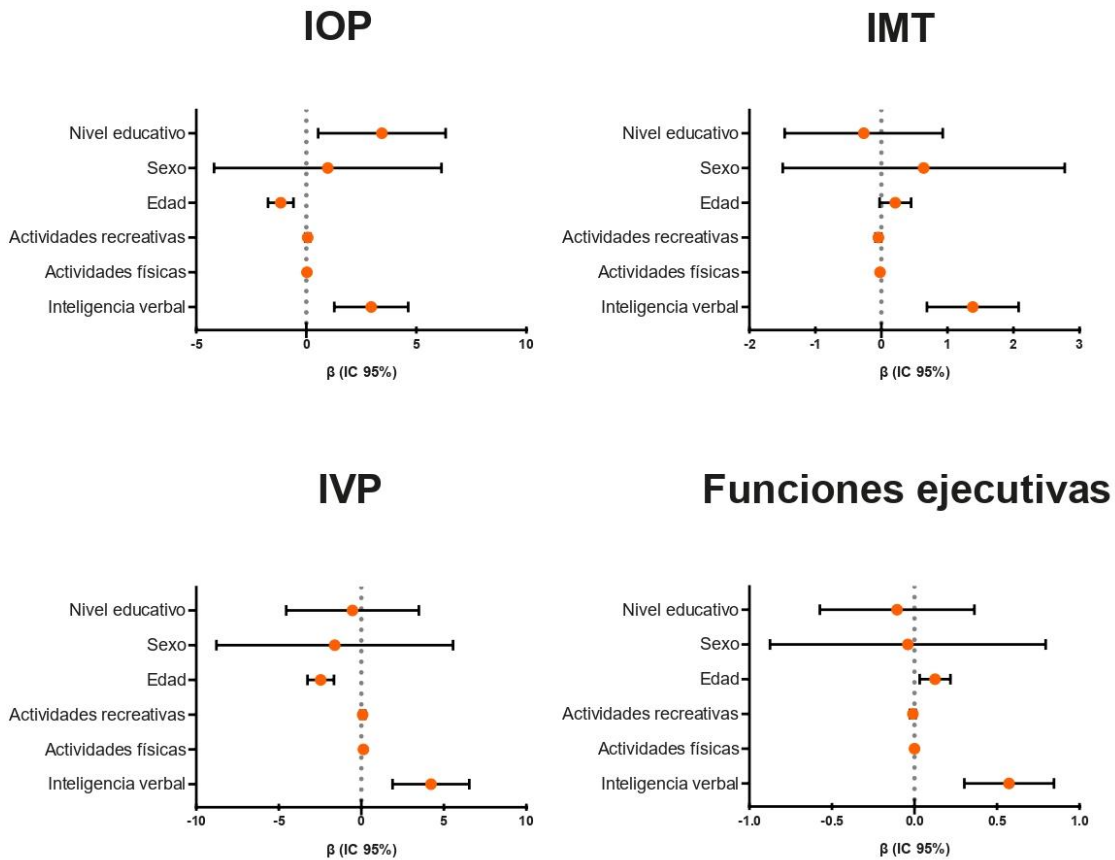


Figura 4. Resumen visual de los modelos de regresión lineal estadísticamente significativos (corrección de Bonferroni: $p < 0.007$) de desempeño cognitivo. IOP: Índice de Organización Perceptual; IMT: Índice de Memoria de Trabajo; IVP: Índice de Velocidad de Procesamiento; IC: intervalo de confianza.

6.2. EEG en reposo

Los resultados de los modelos de las regresiones lineales múltiples de los componentes principales del EEG en reposo se encuentran resumidos en la Tabla 10.

Encontramos un resultado estadísticamente significativo para el modelo de alfa2 ($F[6,81] = 3.488$, $p = 0.004$), con una R^2 de 0.453, y actividades recreativas como predictor positivo ($\beta = 0.019$, 95% CI [0.009, 0.028], $p < 0.001$). Asimismo, delta ($F[6,81] = 2.816$, $p = 0.015$) mostró un resultado significativo con una R^2 de 0.415, e inteligencia verbal como predictor positivo ($\beta = 0.241$, 95% CI [0.092, 0.390], $p = 0.002$).

Todos los modelos fueron estadísticamente significativos (corrección de Bonferroni: $p < 0.008$) aún después de ajustar por edad, sexo y nivel educativo.

Tabla 10

Análisis de regresión lineal múltiple con los componentes del EEG en reposo como variables dependientes

	Modelo 1 ^a		Modelo 2 ^b		
	B (95% IC)	Valor p	B (95% IC)	Valor p	
Beta	Inteligencia verbal	-0.060 (-0.202, 0.081)	0.398	-0.127 (-0.281, 0.026)	0.103
	Actividades físicas	-0.004 (-0.014, 0.006)	0.396	-0.003 (-0.013, 0.007)	0.552
	Actividades recreativas	0.007 (-0.003, 0.016)	0.170	0.006 (-0.004, 0.016)	0.236
	Edad	-		-0.011 (-0.064, 0.041)	0.666
	Sexo	-		-0.556 (-1.028, -0.083)	0.022
	Nivel educativo	-		0.254 (-0.011, 0.519)	0.060
		a: $R^2=0.187$, $F(3,84)=1.010$, $p=0.392$			
	b: $R^2=0.347$, $F(6,81)=1.853$, $p=0.099$				

Alfa1	Inteligencia verbal	-0.032 (-0.170, 0.105)	0.641	-0.119 (-0.268, 0.030)	0.116
	Actividades físicas	0.009 (0.000, 0.019)	0.060	0.010 (0.001, 0.020)	0.036
	Actividades recreativas	0.010 (0.000, 0.019)	0.040*	0.009 (-0.001, 0.018)	0.072
	Edad	-		-0.005 (-0.057, 0.046)	0.839
	Sexo	-		0.015 (-0.445, 0.474)	0.949
	Nivel educativo	-		0.344 (0.86, 0.601)	0.010
a: $R^2=0.300$, $F(3,84)=2.760$, $p=0.047$					
b: $R^2=0.412$, $F(6,81)=2.764$, $p=0.017^*$					
Alfa2	Inteligencia verbal	-0.085 (-0.220, 0.051)	0.216	-0.020 (-0.166, 0.126)	0.783
	Actividades físicas	-0.004 (-0.014, 0.005)	0.358	-0.007 (-0.017, 0.002)	0.119
	Actividades recreativas	0.015 (0.006, 0.024)	0.002*	0.019 (0.009, 0.028)	<0.001*
	Edad	-		-0.055 (-0.106, -0.005)	0.031
	Sexo	-		0.226 (-0.223, 0.676)	0.319
	Nivel educativo	-		-0.231 (-0.483, 0.020)	0.071
a: $R^2=0.348$, $F(3,84)=3.854$, $p=0.012$					
b: $R^2=0.453$, $F(6,81)=3.488$, $p=0.004^*$					
Gamma	Inteligencia verbal	-0.104 (-0.245, 0.038)	0.148	-0.097 (-0.258, 0.063)	0.232
	Actividades físicas	-0.004 (-0.013, 0.006)	0.469	-0.004 (-0.014, 0.006)	0.469
	Actividades recreativas	-0.001 (-0.011, 0.008)	0.824	-0.001 (-0.011, 0.009)	0.840
	Edad	-		0.003 (-0.052, 0.058)	0.912
	Sexo	-		0.132 (-0.362, 0.626)	0.597

	Nivel educativo	-		-0.025 (-0.302, 0.252)	0.859
	a: $R^2=0.190$, $F(3,84)=1.053$, $p=0.374$				
	b: $R^2=0.201$, $F(6,81)=0.567$, $p=0.755$				
Theta	Inteligencia verbal	-0.020 (-0.164, 0.124)	0.782	-0.011 (-0.172, 0.150)	0.892
	Actividades físicas	0.001 (-0.009, 0.011)	0.836	0.002 (-0.008, 0.012)	0.672
	Actividades recreativas	0.002 (-0.008, 0.011)	0.738	0.000 (-0.010, 0.010)	0.980
	Edad	-		0.027 (-0.028, 0.082)	0.334
	Sexo	-		-0.348 (-0.843, 0.147)	0.165
	Nivel educativo	-		-0.051 (-0.329, 0.226)	0.714
	a: $R^2=0.049$, $F(3,84)=0.067$, $p=0.977$				
b: $R^2=0.192$, $F(6,81)=0.519$, $p=0.793$					
Delta	Inteligencia verbal	0.193 (0.056, 0.330)	0.006*	0.241 (0.092, 0.390)	0.002*
	Actividades físicas	-0.005 (-0.014, 0.005)	0.325	-0.004 (-0.013, 0.006)	0.434
	Actividades recreativas	0.000 (-0.009, 0.010)	0.918	-0.001 (-0.010, 0.008)	0.823
	Edad			0.039 (-0.012, 0.090)	0.133
	Sexo			-0.345 (-0.804, 0.113)	0.138
	Nivel educativo			-0.209 (-0.466, 0.048)	0.110
	a: $R^2=0.307$, $F(3,84)=2.916$, $p=0.039$				
b: $R^2=0.415$, $F(6,81)=2.816$, $p=0.015$					

Nota. IC: intervalo de confianza; *Significativo al nivel alfa con la corrección de Bonferroni de 0.008.

En la Figura 5 puede observarse una representación topográfica de la distribución de los valores β de cada electrodo en las bandas de frecuencia y su correspondiente predictor estadísticamente significativo (corrección de Bonferroni: $p < 0.008$).

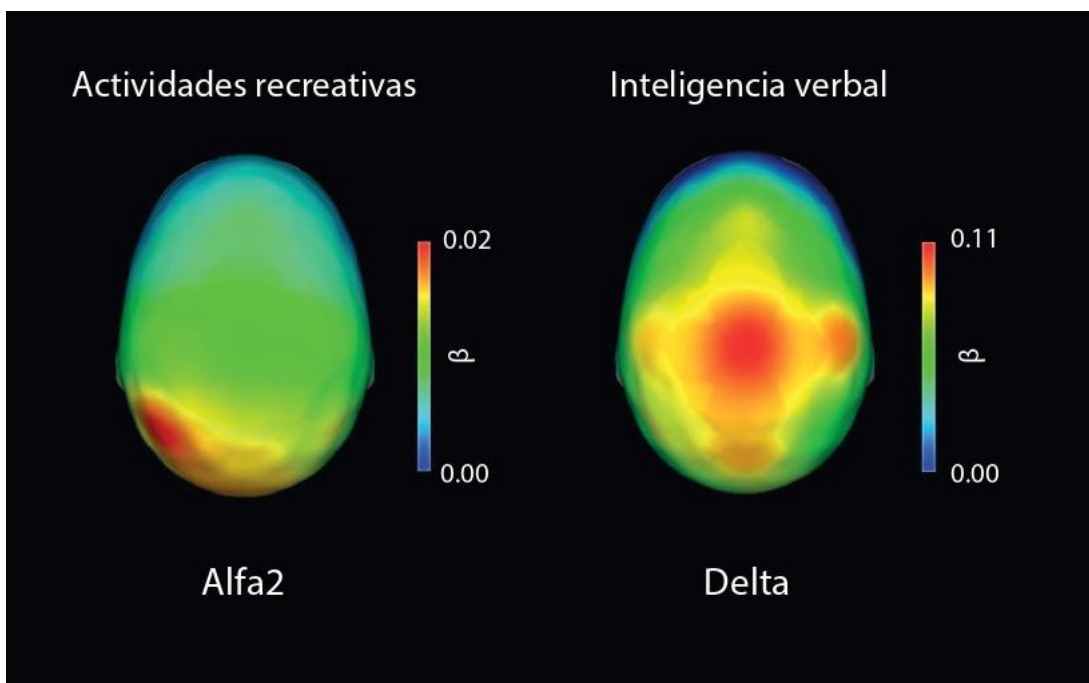


Figura 5. Distribución topográfica de los valores β de cada electrodo en las bandas de frecuencia con su predictor estadísticamente significativo (corrección de Bonferroni: $p < 0.008$). En la variable de “actividades recreativas” como predictor de alfa2: Todos los electrodos fueron significativos. En “inteligencia verbal” como predictor de delta: C3, C4, P3, P4, O2, Fz, Cz y Pz fueron significativos.

7. Discusión

El objetivo del presente estudio fue evaluar la asociación de la RC con la cognición y el EEG en reposo en adultos mayores sanos utilizando medidas dinámicas de RC.

Nuestra primera hipótesis era que las medidas dinámicas de RC se relacionarían con habilidades cognitivas fluidas, como se había reportado en estudios previos (Malek-Ahmadi et al., 2017; Serra et al., 2019). Encontramos que no solamente las habilidades cognitivas fluidas, sino también las cristalizadas parecían asociarse a las medidas dinámicas de RC. La inteligencia verbal fue un predictor positivo para organización perceptual, memoria de trabajo, velocidad de procesamiento y funciones ejecutivas. Boyle et al. (2021) reportaron que la inteligencia verbal es una medida más robusta de RC en comparación a la escolaridad, complejidad ocupacional, actividades recreativas y físicas. Estos resultados concuerdan con los hallazgos del metaanálisis realizado por Opdebeeck et al. (2016) donde la RC se asoció positivamente con lenguaje, memoria, memoria de trabajo, funciones ejecutivas, habilidades visoespaciales y cognición general. Aunque las medidas de RC utilizadas entre los estudios son distintas los resultados fueron similares. Sin embargo, este resultado contrastó con el de Ritchie, Bates, Der, Starr & Deary (2013), quienes usaron años de escolaridad, que es una variable estática, y no encontraron asociación con velocidad de procesamiento. Las variables dinámicas de RC parecen reflejar mejor el fluido proceso de construir la RC a lo largo de la vida (Malek-Ahmadi et al., 2017).

Un resultado inesperado fue la ausencia de correlación entre actividades físicas y recreativas con el desempeño cognitivo. Fleck et al. (2019) reportaron resultados similares donde el grupo con mayor puntuación en el factor de “ejercicio” no mostró efectos en la cognición. Esta ausencia de asociación entre las actividades físicas y recreativas con la cognición puede deberse a la falta de estandarización de dichas variables y sus características de frecuencia, intensidad, duración y tipo de actividades, como han

concluido otros estudios (Anatürk, Suri, Smith, Ebmeier & Sexton, 2021; Wang et al., 2012).

Nuestra segunda hipótesis fue que las medidas dinámicas de RC se asociarían positivamente con la potencia alfa y negativamente con la potencia theta en el EEG en reposo. Nuestros resultados apoyaron la hipótesis que una mayor medida dinámica de RC se asociaría a mayor PA alfa, pero no apoyaron la relación con menor theta. Encontramos que las actividades recreativas fueron un predictor positivo de alfa2, particularmente en regiones posteriores, resultado que concuerda con estudios previos incluso utilizando medidas de RC distintas: estáticas, dinámicas o una combinación de ambas (Babiloni et al., 2020; Sanchez-Lopez et al., 2018; Fleck et al., 2017, 2019). Este resultado puede deberse a procesos compensatorios. Se ha reportado que la reducción de alfa en regiones posteriores en el proceso de envejecimiento se asocia a la reducción gradual de la función colinérgica (Babiloni et al., 2020). Robertson (2013) propuso un modelo sobre el rol del sistema noradrenérgico como mediador de la RC (representada por la estimulación y enriquecimiento cognitivo) que activa una serie de mecanismos cerebrales (compensación o modificación de la enfermedad) que reduce el riesgo de la EA. Uno de estos mecanismos cerebrales es el rescate colinérgico, que podría explicar la mayor PA en alfa2 posterior asociada a mayor puntuación en actividades recreativas. Es importante destacar, que alfa se ha relacionado con un mejor desempeño cognitivo en adultos mayores (Barry & De Blasio, 2017; Choi et al., 2019; Kamal et al., 2022; Roca-Stappung et al., 2012).

Otro resultado inesperado fue la inteligencia verbal como predictora de delta, particularmente en regiones centrales. La población geriátrica se caracteriza por un enlentecimiento del EEG, es decir un aumento de la potencia de las bandas de frecuencia

lentas (delta y theta), que a su vez se asocia con el deterioro cognitivo (Barry and De Blasio, 2017; Choi et al., 2019; Kamal et al., 2022; Kumral et al., 2020). Por lo tanto, nosotros esperábamos un efecto protector de la RC, es decir, una reducción de las bandas de frecuencia lentas, y nuestro resultado parece ser contraintuitivo. La inteligencia verbal se asoció no solamente con una mayor PA en delta sino también con un mejor desempeño cognitivo. Los diferentes mecanismos cerebrales que subyacen a la RC podrían explicar este hallazgo: quizá la inteligencia verbal actúe a través del mecanismo de eficiencia neural, es decir, menor uso de recursos neurales a pesar de presentar un mejor desempeño cognitivo (Cabeza et al., 2018). Es necesario recordar que, en algunos casos, la RC incluso puede enmascarar un proceso de deterioro cognitivo mediando la asociación entre las características patológicas del envejecimiento y el desempeño cognitivo (Arenaza-Urquijo et al., 2015; Gorges et al., 2017). Otra posible explicación puede ser que los individuos con una mayor puntuación en inteligencia verbal presentan una mejor estructura del ritmo alfa, con una modulación de amplitud más marcadamente fusiforme, esta modulación puede hacer que los husos del ritmo alfa tengan una envolvente de frecuencia lenta en el rango delta (Chang, Schomer & Niedermeyer, 2011). Sin embargo, estos resultados tan heterogéneos en los adultos mayores son esperados, debido al propio proceso de envejecimiento y su funcionamiento cerebral aleatorio y menos delimitado (Zangrossi et al., 2021).

Adicionalmente, las actividades físicas no fueron predictoras del desempeño cognitivo ni del EEG en reposo. Como se mencionó anteriormente, Fleck et al. (2019) no encontraron un efecto en el grupo con mayor puntuación de factor “ejercicio” ni en la cognición o la conectividad del EEG en reposo. Asimismo, Landau et al. (2012) reportaron una ausencia

de correlación entre actividades físicas con un indicador de β -amiloide (componente Pittsburgh B). De manera similar, Verghese et al. (2003) concluyeron que las actividades recreativas eran un predictor de deterioro cognitivo, mientras que las actividades físicas no lo fueron.

7.1. Limitaciones

Algunas limitaciones del presente estudio se enlistan a continuación. La edad media de la muestra fue de 66.72 (D.E. = 4.32), sin embargo, la población clasificada como “viejos-viejos” (más de 80 años) son un segmento en crecimiento de la población geriátrica que se caracterizan por un deterioro acelerado de su desempeño cognitivo (Zhuravleva et al., 2014), y no están incluidos en el presente estudio. Adicionalmente, el estatus socioeconómico y nivel educativo de nuestra muestra no es representativa de la población mexicana. A pesar de que el criterio de inclusión solamente consistía en haber completado la secundaria y la ausencia de desventajas económicas, la población reclutada fue particularmente de alto nivel educativo (M = 15.75 años de escolaridad, D.E. = 3.91) y alto estatus socioeconómico (82% de la muestra). Aunque el nivel educativo fue una covariable ajustada en los modelos de regresión, estas características de la muestra podrían sesgar las conclusiones. Por lo tanto, los resultados son menos generalizables y tienen un menor alcance.

Otra limitación es que fue un estudio transversal, por lo que las conclusiones sobre la relación entre la RC, las respuestas conductuales y cerebrales carecen de un efecto de causalidad. Por ejemplo, se ha propuesto que los adultos mayores que llevan a cabo menos actividades recreativas pueden encontrarse en un estado prodrómico de EA (Verghese et al., 2003). Otra limitación consiste en el solapamiento de las medidas de RC: la puntuación

de hobbies incluía un reactivo de actividades físicas, asimismo, algunas actividades recreativas implican activación física (por ejemplo, viajar e ir de compras). Sin embargo, la interpretación de los resultados puede integrarse en las medidas de RC dinámicas. Estudios futuros deberían considerar muestras de adultos mayores (“viejos-viejos”), o llevar a cabo estudios longitudinales para evaluar la relación entre estas variables a largo plazo para comprender mejor la evolución de los mecanismos cerebrales de RC y sus respectivas trayectorias cognitivas.

8. Conclusiones

En conclusión, las variables dinámicas de RC parecen relacionarse con el EEG en reposo y el desempeño cognitivo de manera distinta. Estos hallazgos sugieren que implementar actividades recreativas y tareas que aumenten el vocabulario, no solamente como estrategias de prevención, sino como intervenciones incluso en etapas tardías de la vida puede promover un mejor desempeño cognitivo a través de mecanismos de compensación o de eficiencia neural.

9. Referencias

- Al-Nashash, H., Sabesan, S., Krishnan, B., George, J.S., Tsakalis, K., Iasemidis, L. & Tong, S. (2009). Chapter 3. Single-channel EEG analysis. En Tong, S. & Thakor, N.V. [Eds.]. *Quantitative EEG Analysis Methods and Clinical Applications*. Norwood, USA: Artech House.
- Anatürk, M., Suri, S., Smith, S. M., Ebmeier, K. P., & Sexton, C. E. (2021). Leisure Activities and Their Relationship With MRI Measures of Brain Structure, Functional

Connectivity, and Cognition in the UK Biobank Cohort. *Frontiers in aging neuroscience*, 13, 734866. doi: <https://doi.org/10.3389/fnagi.2021.734866>

Asociación Mexicana de Investigación en Marketing y Agencias de Opinión Pública, AMAI 8 x 7. (2018). Questionnaire of Socioeconomical Levels. Available online at: <https://www.amai.org/descargas/Cuestionario-NSE-2018.pdf> (accessed December 10, 2021).

Arenaza-Urquijo, E.M., Wirth, M. & Chételat, G. (2015). Cognitive reserve and lifestyle: moving towards preclinical Alzheimer's disease. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 7: 134. doi: 10.3389/fnagi.2015.00134

Babiloni, C., Lopez, S., Del Percio, C., Noce, G., Pascarelli, M. T., Lizio, R. ... INSIGHT-preAD Study Group (2020). Resting-state posterior alpha rhythms are abnormal in subjective memory complaint seniors with preclinical Alzheimer's neuropathology and high education level: the INSIGHT-preAD study. *Neurobiology of aging*, 90, 43–59. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2020.01.012>

Balart-Sánchez, S. A., Bittencourt-Villalpando, M., van der Naalt, J. & Maurits, N. M. (2021). Electroencephalography, magnetoencephalography, and cognitive reserve: a systematic review. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 36: 1374–1391. doi: 10.1093/arclin/acaal32

Barral-Caballero, J.A., Laville, J.A., Razgado, P., Jiménez-Estrada, I. & Segura-Alegría, B. (2011). Capítulo 1: Métodos de registro electrofisiológico. En Silva-Pereyra, J. [Eds.] *Métodos en Neurociencias Cognoscitivas* (pp. 1-24). México: Editorial El Manual Moderno.

- Barry, R. J., & De Blasio, F. M. (2017). EEG differences between eyes-closed and eyes-open resting remain in healthy ageing. *Biological psychology*, 129, 293–304. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.09.010>
- Barroso, J.; Correia, R. & Nieto, A. (2011). Neuropsicología del envejecimiento y las demencias. En Bruna, O.; Roig, T.; Puyuelo, M.; Junqué, C. & Ruano, A. *Rehabilitación neuropsicológica. Intervención y práctica clínica*. (pp. 257-267). Barcelona: Elsevier España, S.L.
- Bennett, D. A., Schneider, J. A., Arvanitakis, Z., Kelly, J. F., Aggarwal, N. T., Shah, R. C., & Wilson, R. S. (2006). Neuropathology of older persons without cognitive impairment from two community-based studies. *Neurology*, 66(12), 1837–1844. doi: <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000219668.47116.e6>
- Bennett, D. A., Wilson, R. S., Boyle, P. A., Buchman, A. S., & Schneider, J. A. (2012). Relation of neuropathology to cognition in persons without cognitive impairment. *Annals of neurology*, 72(4), 599–609. doi: <https://doi.org/10.1002/ana.23654>
- Boyle, R., Knight, S. P., De Looze, C., Carey, D., Scarlett, S., Stern, Y...Whelan, R. (2021). Verbal intelligence is a more robust cross-sectional measure of cognitive reserve than level of education in healthy older adults. *Alzheimer's Research and Therapy*, 13: 128. doi: 10.1186/s13195-021-00870-z
- Boyle, P. A., Yu, L., Wilson, R. S., Schneider, J. A., & Bennett, D. A. (2013). Relation of neuropathology with cognitive decline among older persons without dementia. *Frontiers in aging neuroscience*, 5, 50. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2013.00050>
- Bialystok E. (2021). Bilingualism: Pathway to Cognitive Reserve. *Trends in cognitive sciences*, 25(5), 355–364. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tics.2021.02.003>

- Cabeza R. (2002). Hemispheric asymmetry reduction in older adults: the HAROLD model. *Psychology and aging*, 17(1), 85–100. doi: <https://doi.org/10.1037//0882-7974.17.1.85>
- Cabeza, R., Albert, M., Belleville, S., Craik, F., Duarte, A., Grady, C. L.... Rajah, M. N. (2018). Maintenance, reserve and compensation: the cognitive neuroscience of healthy ageing. *Nature reviews. Neuroscience*, 19(11), 701–710. doi: <https://doi.org/10.1038/s41583-018-0068-2>
- Castro-Chavira, S. A., Barrios, F. A., Pasaye, E. H., Alatorre-Cruz, G. C., & Fernández, T. (2016). Compensatory larger cortical thickness in healthy elderly individuals with electroencephalographic risk for cognitive decline. *Neuroreport*, 27(9), 710–715. doi: <https://doi.org/10.1097/WNR.0000000000000602>
- Chang, B. S., Schomer, D. L., and Niedermeyer, E. (2011). Normal EEG and sleep: adults and elderly. In D. L. Schomer & L. da Silva (Eds.), *Niedermeyer's Electroencephalography. Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*, (pp. 183-214). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins).
- Choi, J., Ku, B., You, Y. G., Jo, M., Kwon, M., Choi, Y...Kim, J.U. (2019). Resting-state prefrontal EEG biomarkers in correlation with MMSE scores in elderly individuals. *Scientific Reports*, 9: 10468. doi: [10.1038/s41598-019-46789-2](https://doi.org/10.1038/s41598-019-46789-2)
- Davis, S. W., Dennis, N. A., Daselaar, S. M., Fleck, M. S., & Cabeza, R. (2008). Que PASA? The posterior-anterior shift in aging. *Cerebral cortex (New York, N.Y. : 1991)*, 18(5), 1201–1209. doi: [10.1093/cercor/bhm155](https://doi.org/10.1093/cercor/bhm155)
- De Abajo, S., Larriba, R., & Marquez, S. (2001). Validity and reliability of the Yale Physical Activity Survey in Spanish elderly. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 41(4), 479–485.

- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of neuroscience methods*, 134(1), 9–21. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2003.10.009>
- Dipietro, L., Caspersen, C. J., Ostfeld, A. M., & Nadel, E. R. (1993). A survey for assessing physical activity among older adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 25(5): 628–642.
- Endicott, J., Nee, J., Harrison, W., & Blumenthal, R. (1993). Quality of Life Enjoyment and Satisfaction Questionnaire: a new measure. *Psychopharmacology bulletin*, 29(2), 321–326.
- Erickson, K. I., Hillman, C., Stillman, C. M., Ballard, R. M., Bloodgood, B., Conroy, D. E. ... FOR 2018 PHYSICAL ACTIVITY GUIDELINES ADVISORY COMMITTEE* (2019). Physical Activity, Cognition, and Brain Outcomes: A Review of the 2018 Physical Activity Guidelines. *Medicine and science in sports and exercise*, 51(6), 1242–1251. doi: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001936>
- Evans, J.R. & Abarbanel, A. (1999). Introduction to Quantitative EEG and Neurofeedback. California, USA: Academic Press.
- Fallahpour, M., Borell, L., Luborsky, M., & Nygård, L. (2016). Leisure-activity participation to prevent later-life cognitive decline: a systematic review. *Scandinavian journal of occupational therapy*, 23(3), 162–197. doi: <https://doi.org/10.3109/11038128.2015.1102320>
- Festini, S., Zahodne, L., & Reuter-Lorenz, P. (2018). Theoretical Perspectives on Age Differences in Brain Activation: HAROLD, PASA, CRUNCH—How Do They

STAC Up? *Oxford Research Encyclopedia of Psychology*. doi:

10.1093/acrefore/9780190236557.013.400

Fjell, A. & Walhovd, K. (2010). Structural Brain Changes in Aging: Courses, Causes and Cognitive Consequences. *Reviews in the Neurosciences*, 21(3), 187-222. doi:

<https://doi.org/10.1515/REVNEURO.2010.21.3.187>

Fleck, J. I., Arnold, M., Dykstra, B., Casario, K., Douglas, E., & Morris, O. (2019). Distinct Functional Connectivity Patterns Are Associated With Social and Cognitive Lifestyle Factors: Pathways to Cognitive Reserve. *Frontiers in aging neuroscience*, 11, 310.

doi: <https://doi.org/10.3389/fnagi.2019.00310>

Fleck, J. I., Kuti, J., Mercurio, J., Mullen, S., Austin, K., & Pereira, O. (2017). The Impact of Age and Cognitive Reserve on Resting-State Brain Connectivity. *Frontiers in aging neuroscience*, 9, 392. doi: <https://doi.org/10.3389/fnagi.2017.00392>

Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of psychiatric research*, 12(3), 189–198. doi: [https://doi.org/10.1016/0022-](https://doi.org/10.1016/0022-3956(75)90026-6)

[3956\(75\)90026-6](https://doi.org/10.1016/0022-3956(75)90026-6)

Gorges, M., Roselli, F., Müller, H. P., Ludolph, A. C., Rasche, V., & Kassubek, J. (2017). Functional Connectivity Mapping in the Animal Model: Principles and Applications of Resting-State fMRI. *Frontiers in neurology*, 8, 200. doi:

<https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00200>

Gutberlet, I., Debener, S., Jung, T.P. & Makeig, S. (2009). Chapter 2. Techniques of EEG recording and preprocessing. En Tong, S. & Thakor, N.V. [Eds.]. *Quantitative EEG Analysis Methods and Clinical Applications*. Norwood, USA: Artech House.

- Harada, C.N., Natelson, M.C. & Triebel, K. (2013). Normal cognitive aging. *Clinics in Geriatric Medicine*, 29(4): 737-752. doi: 10.1016/j.cger.2013.07.002
- Harmony, T. (2009). "Psychophysiological evaluation of neuropsychological disorders in children," in *Handbook of Clinical Child Neuropsychology*, eds C. R. Reynolds and E. Fletcher-Janzen (Cham: Springer), 383–399.
- Harrison, S.; Sajjad, A.; Bramer, W.; Ikram, M.A.; Tiemeier, H. & Stephan, B. (2015). Exploring strategies to operationalize cognitive reserve: A systematic review of reviews. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 37(1): 253-264. doi: 10.1080/13803395.2014.1002759
- Huckans, M., Hutson, L., Twamley, E., Jak, A., Kaye, J., & Storzbach, D. (2013). Efficacy of cognitive rehabilitation therapies for mild cognitive impairment (MCI) in older adults: working toward a theoretical model and evidence-based interventions. *Neuropsychology review*, 23(1), 63–80. doi: <https://doi.org/10.1007/s11065-013-9230-9>
- Juan, S.M.A. & Adlard, P.A. (2019). Ageing and Cognition. En Harris, J.R. & Korolchuk, V.I. [Eds.]. *Biochemistry and cell biology of ageing: Part II Clinical Science* (pp. 107-122). Singapore: Springer Nature.
- Juraska, J.M. & Lowry, N.C. (2012). Neuroanatomical Changes Associated with Cognitive Ageing. En Pardon, M.C. & Bondi, M.W. [Eds.]. *Behavioral Neurobiology of Ageing* (pp.137-164). Berlin: Springer-Verlag.
- Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measure*, 20: 141–151. doi: 10.1177/001316446002000116

- Kamal, F., Campbell, K., & Taler, V. (2022). Effects of the Duration of a Resting-State EEG Recording in Healthy Aging and Mild Cognitive Impairment. *Clinical EEG and neuroscience*, 53(5), 443–451. doi: <https://doi.org/10.1177/1550059420983624>
- Koenig, T., Smailovic, U., and Jelic, V. (2020). Past, present and future EEG in the clinical workup of dementias. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 306: 111182. doi: 10.1016/j.psychresns.2020.111182
- Kumral, D., Şansal, F., Cesnaite, E., Mahjoory, K., Al, E., Gaebler, M. ... Villringer, A. (2020). BOLD and EEG signal variability at rest differently relate to aging in the human brain. *NeuroImage*, 207, 116373. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116373>
- Landau, S. M., Marks, S. M., Mormino, E. C., Rabinovici, G. D., Oh, H., O'Neil, J. P., Wilson, R. S., & Jagust, W. J. (2012). Association of lifetime cognitive engagement and low β -amyloid deposition. *Archives of neurology*, 69(5), 623–629. doi: <https://doi.org/10.1001/archneurol.2011.2748>
- León, I., García, J., and Roldán-Tapia, L. (2011). Construcción de la escala de reserva cognitiva en población española: estudio piloto. *Revista de Neurología*, 52: 653–660.
- León, I., García-García, J., and Roldán-Tapia, L. (2014). Estimating cognitive reserve in healthy adults using the cognitive reserve scale. *PLoS One*, 9: e102632. doi: 10.1371/journal.pone.0102632
- Lizio, R., Vecchio, F., Frisoni, G. B., Ferri, R., Rodriguez, G., & Babiloni, C. (2011). Electroencephalographic rhythms in Alzheimer's disease. *International Journal of Alzheimer's Disease*, 2011, 927573. doi: <https://doi.org/10.4061/2011/927573>

- Lopes Da Silva, F.H. (2011). Chapter 54. EEG Analysis: Theory and Practice. En Schomer, D.L. & Lopes da Silva, F.H. [Eds.]. *Niedermeyer's Electroencephalography. Basic principles, clinical applications, and related fields* (pp. 1147-1177). Philadelphia, USA: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.
- Malek-Ahmadi, M., Lu, S., Chan, Y.Y., Perez, S.E., Chen, K. & Mufson, E.J. (2017). Static and Dynamic Cognitive Reserve Proxy Measures: Interactions with Alzheimer's Disease Neuropathology and Cognition. *Journal of Alzheimers Disease and Parkinsonism*, 7(6): 1-16. doi: 10.4172/2161-0460.1000390
- Marosi-Holczberger, E. (2011). Capítulo 2: El electroencefalograma: medición de la actividad eléctrica cerebral. En Silva-Pereyra, J. [Eds.] *Métodos en Neurociencias Cognoscitivas* (pp. 1-24). México: Editorial El Manual Moderno.
- Mendoza, V.M.; Martínez, M.L. (2012). Modelo de Envejecimiento Activo para el Desarrollo Integral Gerontológico. En Gutiérrez, L.M. y Kershenobich, D. [Coord.]. *Envejecimiento y salud: Una propuesta para un Plan de Acción* (pp. 261-277). México, D.F.: Academia Nacional de Medicina de México, Academia Mexicana de Cirugía A.C., Instituto de Geriátría y Universidad Nacional Autónoma de México.
- Moezzi, B., Lavrencic, L. M., Goldsworthy, M. R., Coussens, S., & Keage, H. A. D. (2019). Associations between EEG functional brain connectivity and a cognitive reserve proxy in healthy older adults. *bioRxiv* [Preprint]. doi: 10.1101/625608v1
- Nogueira, J., Gerardo, B., Santana, I., Simões, M. R., & Freitas, S. (2022). The Assessment of Cognitive Reserve: A Systematic Review of the Most Used Quantitative Measurement Methods of Cognitive Reserve for Aging. *Frontiers in psychology*, 13, 847186. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.847186>

- Novo-Olivas, C., Chacón-Gutiérrez, L. & Barradas-Bribiesca, J.A. (2010). Mapeo electroencefalográfico y neurofeedback. En Guevara-Pérez, M.A., Arteaga-Silva, M., Contreras-Gómez, A., Hernández-González, M., Binilla-Jaime, H. [Eds.]. *Aproximaciones al estudio de la neurociencia del comportamiento* (pp. 371-412). Chilpancingo, México: Universidad Autónoma de Guerrero.
- Nunez, P.L., Srinivasan, R. (2006). *Electric fields of the brain: the neurophysics of EEG*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Opdebeeck, C.; Martyr, A. & Clare, L. (2016). Cognitive reserve and cognitive function in healthy older people: a meta-analysis. *Aging, Neuropsychology, and Cognition: A Journal on Normal and Dysfunctional Development*. doi: 10.1080/13825585.2015.1041450
- Organización Mundial de la Salud, OMS. (2002). *Active Ageing. A Policy Framework*. Madrid: Second United Nations World Assembly on Ageing.
- Organización Mundial de la Salud, OMS. (marzo, 2019). *Década del Envejecimiento Saludable 2020-2030. Primer informe de progreso*. Recuperado de: https://www.who.int/docs/default-source/documents/decade-of-health-ageing/decade-healthy-ageing-update1-es.pdf?sfvrsn=d9c40733_0
- Organización de las Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. (2019). *Perspectivas de la Población Mundial 2019: Aspectos relevantes*. Recuperado de: https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf
- Orta-Salazar, E., Cuellar-Lemus, C.A., Díaz-Cintra, S. & Feria-Velasco, A.I. (2014).

- Marcaje colinérgico en la corteza cerebral y el hipocampo en algunas especies animales y su relación con la enfermedad de Alzheimer. *Neurología*, 29(8): 497-503. doi: <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2012.10.007>
- Ostrosky-Solís, F., Ardila, A., & Rosselli, M. (1999). NEUROPSI: a brief neuropsychological test battery in Spanish with norms by age and educational level. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 5(5), 413–433. doi: <https://doi.org/10.1017/s1355617799555045>
- Park, D. C., & Reuter-Lorenz, P. (2009). The adaptive brain: aging and neurocognitive scaffolding. *Annual review of psychology*, 60, 173–196. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093656>
- Piatt, A. L., Fields, J. A., Paolo, A. M., & Tröster, A. I. (1999). Action (verb naming) fluency as an executive function measure: convergent and divergent evidence of validity. *Neuropsychologia*, 37(13), 1499–1503. doi: [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(99\)00066-4](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(99)00066-4)
- Qiu, C., & Fratiglioni, L. (2018). Aging without Dementia is Achievable: Current Evidence from Epidemiological Research. *Journal of Alzheimer's disease: JAD*, 62(3), 933–942. doi: <https://doi.org/10.3233/JAD-171037>
- Reuter-Lorenz, P. A., & Cappell, K. A. (2008). Neurocognitive aging and the compensation hypothesis. *Current Directions in Psychological Science*, 17(3), 177–182. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2008.00570.x>
- Rey, A. y Lleó, A. (2010) *Enfermedad de Alzheimer. Neurología caso a caso*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.

- Ritchie, S. J., Bates, T. C., Der, G., Starr, J. M., & Deary, I. J. (2013). Education is associated with higher later life IQ scores, but not with faster cognitive processing speed. *Psychology and aging*, 28(2), 515–521. doi: <https://doi.org/10.1037/a0030820>
- Robertson I. H. (2013). A noradrenergic theory of cognitive reserve: implications for Alzheimer's disease. *Neurobiology of aging*, 34(1): 298–308. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2012.05.019>
- Roca-Stappung, M., Fernández, T., Becerra, J., Mendoza-Montoya, O., Espino, M., & Harmony, T. (2012). Healthy aging: relationship between quantitative electroencephalogram and cognition. *Neuroscience letters*, 510(2), 115–120. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2012.01.015>
- Sanchez-Lopez, J., Silva-Pereyra, J., Fernández, T., Alatorre-Cruz, G. C., Castro-Chavira, S. A., González-López, M., & Sánchez-Moguel, S. M. (2018). High levels of incidental physical activity are positively associated with cognition and EEG activity in aging. *PloS one*, 13(1), e0191561. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191561>
- Sánchez-Moguel, S.M., Alatorre-Cruz, G.C., Silva-Pereyra, J., González-Salinas, S., Sanchez-Lopez, J., Otero-Ojeda, G.A. & Fernández, T. (2018). Two Different Populations within the Healthy Elderly: Lack of Conflict Detection in Those at Risk of Cognitive Decline. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11: 658. doi: [10.3389/fnhum.2017.00658](https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00658)
- SantaCruz, K. S., Sonnen, J. A., Pezhouh, M. K., Desrosiers, M. F., Nelson, P. T., & Tyas, S. L. (2011). Alzheimer disease pathology in subjects without dementia in 2 studies of aging: the Nun Study and the Adult Changes in Thought Study. *Journal of*

- neuropathology and experimental neurology*, 70(10), 832–840. doi:
<https://doi.org/10.1097/NEN.0b013e31822e8ae9>
- Serra, L., Petrosini, L., Salaris, A., Pica, L., Bruschini, M., Di Domenico, C. ... Bozzali, M. (2019). Testing for the Myth of Cognitive Reserve: Are the Static and Dynamic Cognitive Reserve Indexes a Representation of Different Reserve Warehouses?. *Journal of Alzheimer's disease: JAD*, 72(1): 111–126. doi:
<https://doi.org/10.3233/JAD-190716>
- Shearer, D.E., Emmerson, R.Y. & Dustman, R.E. (1989). EEG Relationships to Neural Aging in the Elderly: Overview and Bibliography. *American Journal of EEG Technology*, 29(1): 43-63, doi: 10.1080/00029238.1989.11080283
- Šneidere, K. N., Mondini, S., & Stepens, A. (2020). Role of EEG in Measuring Cognitive Reserve: A Rapid Review. *Frontiers in aging neuroscience*, 12, 249. doi:
<https://doi.org/10.3389/fnagi.2020.00249>
- Snyder, H. R., & Munakata, Y. (2008). So many options, so little time: the roles of association and competition in underdetermined responding. *Psychonomic bulletin & review*, 15(6), 1083–1088. doi: <https://doi.org/10.3758/PBR.15.6.1083>
- Speckman, E.J., Elger, C.E. & Gorji, A. (2011). Chapter 2. Neurophysiologic basis of EEG and DC Potentials. En Schomer, D.L. & Lopes da Silva, F.H. [Eds.]. *Niedermeyer's Electroencephalography. Basic principles, clinical applications, and related fields* (pp. 17-33). Philadelphia, USA: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.
- Spreng, R. N., & Turner, G. R. (2019). The Shifting Architecture of Cognition and Brain Function in Older Adulthood. *Perspectives on psychological science: a journal of the*

- Association for Psychological Science*, 14(4), 523–542. doi:
<https://doi.org/10.1177/1745691619827511>
- Steffener, J. & Stern, Y. (2012). Exploring the neural basis of cognitive reserve in aging. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1822: 467-474. DOI: 10.1016/j.bbadis.2011.09.012
- Stern, Y. (2002). What is cognitive reserve? Theory and research application of the reserve concept. *Journal of the International Neuropsychological Society*. 8, 448-460. doi:
<https://doi.org/10.1017/S1355617702813248>
- Stern, Y. (2009). Cognitive Reserve. *Neuropsychologia*. 47(10): 2015-2028. doi:
10.1016/j.neuropsychologia.2009.03.004
- Stern, Y., Barnes, C. A., Grady, C., Jones, R. N., & Raz, N. (2019). Brain reserve, cognitive reserve, compensation, and maintenance: operationalization, validity, and mechanisms of cognitive resilience. *Neurobiology of aging*, 83, 124–129. doi:
<https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2019.03.022>
- Stern, Y., Arenaza-Urquijo, E. M., Bartrés-Faz, D., Belleville, S., Cantilon, M., Chetelat, G.... the Reserve, Resilience and Protective Factors PIA Empirical Definitions and Conceptual Frameworks Workgroup (2020). Whitepaper: Defining and investigating cognitive reserve, brain reserve, and brain maintenance. *Alzheimer's & dementia: the journal of the Alzheimer's Association*, 16(9), 1305–1311. doi:
<https://doi.org/10.1016/j.jalz.2018.07.219>
- Toepper M. (2017). Dissociating Normal Aging from Alzheimer's Disease: A View from Cognitive Neuroscience. *Journal of Alzheimer's disease: JAD*, 57(2), 331–352. doi:
<https://doi.org/10.3233/JAD-161099>
- Valenzuela, M. J., & Sachdev, P. (2007). Assessment of complex mental activity across the lifespan: development of the Lifetime of Experiences Questionnaire (LEQ).

- Psychological medicine*, 37(7), 1015–1025. doi:
<https://doi.org/10.1017/S003329170600938X>
- Vergheze, J., Lipton, R. B., Katz, M. J., Hall, C. B., Derby, C. A., Kuslansky, G. ...
Buschke, H. (2003). Leisure activities and the risk of dementia in the elderly. *The New England journal of medicine*, 348(25), 2508–2516. doi:
<https://doi.org/10.1056/NEJMoa022252>
- Vlahou, E. L., Thurm, F., Kolassa, I. T., and Schlee, W. (2014). Resting-state slow wave power, healthy aging and cognitive performance. *Scientific Reports*, 4: 5101. doi:
[10.1038/srep05101](https://doi.org/10.1038/srep05101)
- Vysata, O., Kukal, J., Prochazka, A., Pazdera, L. & Valis, M. (2012). Age-Related Changes in the Energy and Spectral Composition of EEG. *Neurophysiology*, 44(1): 63-67. doi:
<https://doi.org/10.1007/s11062-012-9268-y>
- Wang, H. X., Xu, W., & Pei, J. J. (2012). Leisure activities, cognition and dementia. *Biochimica et biophysica acta*, 1822(3), 482–491. doi:
<https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2011.09.002>
- Wechsler, D. (2003). Escala de Inteligencia para Adultos-III (WAIS-III-R). México: El Manual Moderno
- Zangrossi, A., Zanzotto, G., Lorenzoni, F., Indelicato, G., Cannas Aghedu, F., Cermelli, P., & Bisiacchi, P. S. (2021). Resting-state functional brain connectivity predicts cognitive performance: An exploratory study on a time-based prospective memory task. *Behavioural brain research*, 402: 113130. doi:
<https://doi.org/10.1016/j.bbr.2021.113130>
- Zhuravleva, T. Y., Alperin, B. R., Haring, A. E., Rentz, D. M., Holcomb, P. J., & Daffner, K. R. (2014). Age-related decline in bottom-up processing and selective attention in

the very old. *Journal of clinical neurophysiology: official publication of the American Electroencephalographic Society*, 31(3), 261–271. doi:

<https://doi.org/10.1097/WNP.0000000000000056>