

**Red Neuronal por Defecto:
¿Correlato Neural del Sentido del Yo, de la Capacidad de
Abstracción o de la Cognición Social?**

Sergio Ramos Gómez

sergra02@ucm.es



**UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID**

Tutor Académico: Manuel Martín-Loeches Garrido

Convocatoria: Septiembre

Máster en Neurociencias

2024-2025

Instituto de Salud Carlos III-UCM; Facultad de Psicología y Facultad de Ciencias Biológicas, UCM

Departamento de Psicobiología y Metodología de las Ciencias del Comportamiento



Fdo. Sergio Ramos Gómez

Fdo. Manuel Martín-Loeches Garrido

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
METODOLOGÍA	8
<i>Diseño experimental</i>	8
<i>Participantes</i>	8
<i>Materiales</i>	8
<i>Procedimiento</i>	10
<i>Preprocesamiento</i>	10
<i>Análisis de datos</i>	10
RESULTADOS	12
<i>Tests conductuales</i>	12
<i>Análisis intergrupos de tiempo-frecuencia y de conectividad funcional</i>	12
<i>Análisis de Fourier</i>	13
DISCUSIÓN	14
<i>Tests conductuales</i>	14
<i>Análisis de tiempo-frecuencia y de conectividad funcional</i>	14
<i>Análisis de Fourier</i>	15
i) Total SC-pCC	15
ii) Anxiety SC-pCC/rLC	16
iii) Anxiety SC-rOcc	19
iv) Banda alpha (8-14Hz)	20
<i>Limitaciones y futuras aproximaciones</i>	21
CONCLUSIÓN	22
REFERENCIAS	23
Anexo A	27
Anexo B	28
Anexo C	29
Anexo D	30
Anexo E	31

RESUMEN

Tradicionalmente, la Red Neuronal por Defecto (DMN) se ha entendido como una red unificada asociada al procesamiento de información relativa al *self*. No obstante, estudios recientes apuntan a su implicación en procesos de cognición semántica o abstracta, sugiriendo una activación diferencial de dicha red. Entonces, ¿cuál es su función principal? ¿Hablamos de una única red integrada o de una red compuesta por diferentes subredes especializadas? ¿Es el *self* un constructo con identidad propia o solo un concepto abstracto más? El objetivo del presente estudio pretende responder a estas cuestiones. Para ello, se aplicó un test de abstracción y otro de autoconciencia (compuesto por cuatro subescalas: autoconciencia global, privada, pública y ansiedad social) y se realizaron registros de Electroencefalografía (EEG) en condición de reposo a 28 participantes para explorar posibles diferencias significativas en los patrones de activación de la DMN en sujetos con alta vs. baja capacidad de abstracción/autoconciencia. Los análisis se realizaron mediante Conectividad Funcional (FC), Tiempo-Frecuencia (TF) y Transformada Rápida de Fourier (FFT). Solo FFT arrojó resultados significativos: niveles elevados de autoconciencia global se asocian a una mayor activación de la corteza cingulada posterior (pCC); y niveles altos de ansiedad social, a una mayor activación de la pCC, del córtex temporal derecho (rTC) y del córtex occipital derecho (rOcc), siempre en la banda alpha. Estos resultados no responden a la dicotomía *self*-abstracción, pero sí subrayan la importancia de los procesos de cognición social dentro de la DMN, sugiriendo un papel vertebral del *self* en la funcionalidad de esta red.

Palabras clave: Abstracción, Ansiedad Social, Autoconciencia, Cognición Social, DMN, Self

ABSTRACT

Default Mode Network: Neural Correlate of the Sense of Self, Abstract Reasoning or Social Cognition?

Traditionally, the Default Mode Network (DMN) has been understood as a unified network associated with self-related information processing. However, recent studies point out its involvement in semantic or abstract cognition, suggesting a differential activation of this network. What, then, is its primary function? Are we referring to a single integrated network or a constellation of specialized subnetworks? Is the self a construct with its own identity, or merely another abstract concept? The aim of the present study is to address these questions. To this end, we administered a test of abstraction and a self-consciousness questionnaire (comprising four subscales: global, private and public self-consciousness, as well as social anxiety) and conducted resting-state Electroencephalography (EEG) recordings in 28 participants to explore potential differences in DMN activation patterns in individuals with high vs. low levels of abstraction/self-consciousness. Analyses were carried out using Functional Connectivity (FC), Time-Frequency (TF), and Fast Fourier Transform (FFT). Only FFT yielded significant results: higher levels of self-consciousness were associated with increased activation of posterior cingulate cortex (pCC); and higher levels of social anxiety were linked to a greater activation of pCC, right temporal cortex (rTC), and right occipital cortex (rOcc), all within the alpha band. These results do not resolve the self-abstraction dichotomy but underscore the relevance of social cognition processes within the DMN, suggesting a pivotal role of the self in the functionality of this network.

Keywords: Abstraction, DMN, Self, Self-Consciousness, Social Anxiety, Social Cognition

INTRODUCCIÓN

El concepto de *self* (yo, ego o “uno mismo”) ha sido ampliamente estudiado a lo largo de la historia por la Filosofía. Filósofos como Descartes o Kant situaban este constructo en lo más alto de la jerarquía mental, siendo concebido como la cúspide del resto de funciones mentales (Northoff, 2016).

Recientemente, el interés por el estudio del *self* ha sido embebido por la Neurociencia, desde donde se trata de explicar las bases neuroanatómicas y neurofisiológicas que dan soporte a dicho constructo (Northoff, 2016). Estudios recientes (Northoff, 2016, 2024; Qin et al., 2020), no obstante, apuntan al *self* no tanto como una función de alto nivel cognitivo, sino, más bien, como una función transversal o de soporte basal (ver más adelante *resting state*) al resto de procesos cognitivos, tales como «percepción [...], recompensa [...], acción [...], emoción [...], atención [...] y toma de decisiones» (Northoff, 2024, p. 347).

Pero ¿qué es el *self*? Como apunta Klein (2012), el *self* supone un constructo multifacético difícil de definir con precisión (p. ej., (auto)consciencia, subjetividad, autobiografía, continuidad personal o experiencia personal unificada, voluntad, identidad, etc.). No obstante, siguiendo a William James, Klein (2012), Northoff (2016, 2024) y otros autores establecen una clara distinción, a saber: el *self* como *sujeto* agente de la experiencia (*I*, en inglés) o *self ontológico*, aquel con subjetividad y autoconsciencia de la propia experiencia; y el *self* como *objeto* de la experiencia (*me*, en inglés) o *self epistemológico*, en relación al contenido, atributos o características del yo (sistemas conductuales, afectivos, cognitivos y neurales que dan cabida a la experiencia subjetiva del yo).

Qin et al. (2020) y Northoff (2024), aglutinando datos de una multitud de estudios de neuroimagen, plantean un modelo del *self* compuesto por tres niveles o capas de procesamiento neural: procesamiento interoceptivo; procesamiento exteroceptivo; y procesamiento mental.

En una primera etapa, el procesamiento interoceptivo supondría la base desde la que puede construirse el *self*, pues «la experiencia de pertenencia de un cuerpo y la [consecuente] autoidentificación [con él] pueden ser moduladas por las señales interoceptivas» (Qin et al., 2020, p. 78). Según estos autores, esta primera capa funcionaría como prerrequisito para la integración de las siguientes en el procesamiento del *self*. En segundo lugar, el procesamiento exteroceptivo conlleva el procesamiento de estímulos externos en relación con nuestro propio cuerpo (p. ej. acciones sobre un objeto, vernos reflejados en un espejo, etc.). Esta capacidad de autorreconocimiento nos permite «conectar nuestro cuerpo con el entorno, [...] crucial para establecer los límites yo-otros» (Qin et al., 2020, p.78). Finalmente, el procesamiento mental conecta los contenidos del *self* con «estímulos externos que no tienen un contacto directo con el cuerpo, [tales como] rasgos personales, memoria autobiográfica, perspectiva en primera persona, etc.» (Qin et al., 2020, p.78). Esta última capa incorpora las dos anteriores y permite la conexión final entre el mundo exterior y los contenidos mentales para dar lugar a un sentido integrado del *self*.

En definitiva, el modelo postula la existencia de una jerarquía neural que funcionaría integrando los tres niveles de procesamiento para generar la consciencia de *ser* uno mismo y de su relación con el entorno (Qin et al., 2020). Puede consultarse el [Anexo A](#) para una descripción gráfica del modelo de tres niveles, así como de sus correlatos neurales.

Tomando como referencia este modelo, el interés del presente estudio gira en torno a la capa de procesamiento mental, que es la que, en mayor medida, se identifica como *core self*. Y es esta capa la que, precisamente, tiene como correlato neural la Red Neuronal por Defecto (DMN, por sus siglas en inglés) (Northoff, 2024), ya que son las áreas que componen esta red las que se activan «cuando uno necesita representarse a sí mismo en estados mentales» (Northoff, 2024, p.350).

Pero ¿qué es la Red Neuronal por Defecto? La DMN hace referencia a una red cerebral caracterizada por un patrón de sincronización neuronal entre diferentes regiones cerebrales (Sanz-Morales y Melero, 2024), mayoritariamente situadas en la zona medial del cerebro (Qin y Northoff, 2011). En palabras de Raichle (2015, p. 433), esta red consiste en una serie de «áreas corticales discretas, bilaterales y simétricas [situadas] en las cortezas parietal medial y lateral, prefrontal medial y temporal medial y lateral.»

Aunque, como apuntan Sanz-Morales y Melero (2014), es usual encontrar ciertas discrepancias en la literatura respecto a las áreas que componen dicha red, existe cierto acuerdo respecto a cuáles son las regiones que, de forma más consistente, tienen un papel relevante en su composición: corteza prefrontal medial (mCPF, por sus siglas en inglés); corteza parietal posterior (pPC) (Sanz-Morales y Melero, 2024), inferior (iPC) (Davey et al., 2016) o lateral (IPC) (Raichle, 2015), según la literatura; y corteza cingulada posterior (pCC), incluyendo el precúneo (Sanz-Morales y Melero, 2024. También en Davey et al., 2016; Raichle, 2015; y otros). Además, otros estudios incluyen la corteza temporal medial (mTC) (Jitsuishi y Yamaguchi, 2021) y la lateral (ITC) (Raichle, 2015). Para una información más detallada sobre las estructuras implicadas en la DMN, consultar la tabla expuesta en el [Anexo B](#).

De todas estas áreas, toman especial importancia la pCC y el precúneo, las cuales desempeñan un papel central en la conectividad intra-DMN, así como con otras regiones cerebrales (Raichle, 2015; Sanz-Morales y Melero, 2024).

A nivel psicológico, la DMN se ha asociado a funciones como «mentalización interna espontánea [...], pensamiento aleatorio [...], divagación mental [...], recuperación de memoria episódica [...] y procesamiento social [...]» (Northoff, 2016, p. 11). Es decir, la activación de la DMN no solo se ha asociado al procesamiento de estímulos autorreferenciales.

Entre otros, esta red se ha asociado a la actividad cerebral “por defecto” que se produce en estado de reposo o *resting state*, lo que tradicionalmente se ha denominado *modo por defecto* o *default mode* de la función cerebral (Northoff, 2016, 2024; Sanz-Morales y Melero, 2024).

La primera vez que se habla de un modo por defecto de la función cerebral sucede en 2001, con el artículo de Raichle et al. titulado *A default mode of brain function* (Raichle, 2015). Aquí, se conceptualiza el modo por defecto como la actividad intrínseca, basal o espontánea que muestra el cerebro (Raichle, 2015) cuando la persona «está tumbada tranquilamente con los ojos cerrados o viendo pasivamente un estímulo [...], esto es, en “modo pausa”» (Ramos, 2024, p. 18).

Pero ¿por qué el procesamiento autorreferencial y el resting state activan ambos la DMN? ¿Produce cada proceso una activación diferencial de esta red o, por el contrario, ambas actividades mentales activan las mismas áreas? Según varios estudios (Davey et al., 2016), aunque existe cierta activación diferencial, sí se da un significativo solapamiento en algunas áreas (ver [Anexo C](#)).

Este *rest-self overlap* (Northoff, 2016), por tanto, justifica las medidas de neuroimagen en resting state como medidas indirectas de la actividad autorreferencial, pues «la información específica del self contenida en el estado de reposo [...] es una función básica y fundamental del cerebro que se manifiesta en su actividad espontánea» (Northoff, 2016, p. 5), lo que este autor ha denominado como *rest-self containment*.

Estos datos van en la línea de lo que apunta Northoff (2016, 2024) en su modelo *Baseline Model of Self-Specificity* (BMSS), según el cual el self, entendido en términos espaciotemporales (por su naturaleza topográfica y dinámica), tendría como función principal no solo el proveer una base psicológica para nuestros estados mentales, sino también para nuestro cerebro -a través de la actividad neuronal espontánea-, funcionando, así, como integrador de la experiencia psicológica y neural. En resumen, el modelo BMSS asume al self como condición que siempre está presente (Northoff, 2024).

No obstante, llegados a este punto, y teniendo en cuenta los datos que arroja la literatura más reciente, cabe preguntarse lo siguiente: ¿Podemos entender, entonces, las medidas de resting como medidas -únicamente- del self? ¿Es la DMN una red unitaria implicada exclusivamente en el self? ¿O debemos entender a la DMN como un conjunto de subredes, cada una de las cuales estaría implicada en otros tipos de procesamiento?

Por un lado, gran parte de la literatura (Bai et al., 2016; Huang et al., 2016; Knyazev, 2013; Northoff, 2024; Wolff et al., 2018; y otros) ha investigado sobre la relación existente entre la DMN en resting state y los niveles de autoconciencia. Por autoconciencia nos referimos a la capacidad de un sujeto de poseer un «sentido de uno mismo como agente subjetivo [con subjetividad] en un espacio y un momento [determinado]» (Davey et al., 2016, p. 396). Para ello, se han correlacionado medidas de neuroimagen con medidas psicológicas, entre ellas la *Self-Consciousness Scale* (SCS), de Scheier y Carver (1985, 2013), cuyas tres subescalas son: autoconciencia privada, autoconciencia pública y ansiedad social (ver más adelante en Metodología).

Los principales resultados de estos estudios muestran lo siguiente: (1) existe una correlación positiva entre la estructura temporal de la actividad cerebral espontánea y la información relacionada con el yo, según diferentes medidas temporales (entre ellas, anidación temporal con *power-law exponent* o PLE), lo que valida la idea del rest-self containment (Wolff et al., 2018). En palabras de Northoff (2024, p. 366), «cuanto mayor es el [grado] de PLE, es decir, cuanto más se desplaza el equilibrio de potencia [...] hacia el polo lento, mayor es el grado de autoconciencia privada del sujeto»; (2) estas correlaciones se dan únicamente con la subescala de autoconciencia privada de la SCS. Ningún estudio encuentra correlaciones con las subescalas de autoconciencia pública o ansiedad social; (3) las áreas con mayor implicación serían la aCC perigenual (Wolff et al., 2018), la pCC (Davey et al., 2016; Wolff et al., 2018), la mPFC (Davey et al., 2016; Huang et al., 2016) y la iPC (Davey et al., 2016); (4) la frecuencia *alpha* (8-14Hz) es la única que muestra una correlación positiva significativa con la DMN en medidas de resting state, así como con contenidos autorreferenciales (Bai et al., 2016; Knyazev, 2013); (5) existe correlación entre autoconciencia privada y frecuencias ultralentas (0,01-0,1Hz) en estudios con fMRI (Huang et al., 2016), específicamente en la mPFC (Wolff et al., 2018).

Así, estos estudios, como apuntan Wolff et al. (2018), parecen señalar a la arquitectura temporal de la DMN como base del self. No obstante, otros estudios no encuentran los mismos resultados. En 2017, de Caso et al. tratan de buscar relaciones entre las medidas en la SCS y los patrones de conectividad funcional de diferentes redes (red de control frontoparietal o FPCN, por sus siglas en inglés; DMN; y red límbica). Curiosamente, sus resultados muestran una asociación entre autoconciencia privada y patrones de conectividad funcional entre la FPCN y la corteza occipital lateral, pero en ausencia de una correlación significativa con la DMN. Concluyen que estos datos pueden respaldar la idea de que la DMN no se asocia de forma exclusiva a ninguna de las tres subescalas de la SCS, sino que se asocia al componente global de la autoconciencia.

Por otro lado, varios estudios han mostrado datos a favor de la implicación de la DMN en el procesamiento semántico o cognición semántica (de Caso et al., 2017; Fernandino y Binder, 2024; Shao et al., 2024; y otros), entendida esta como una cognición basada en representaciones verbales y categóricas, esto es, abstractas (Shao et al., 2024). Esto se apoya en la idea de que la DMN muestra desactivación en tareas que demandan atención externa, estando *perceptually decoupled* (desacoplada del procesamiento *bottom-up*) (Shao et al., 2024), mientras que muestra activación en procesos más abstractos (p. ej. divagación mental).

Shao et al. (2024), a pesar de entender la DMN como un sistema unitario implicado en la cognición semántica, postulan la existencia de tres subsistemas que, aunque complementarios, tendrían funciones diferentes, según los datos que varios estudios (ver en Shao et al., 2024) muestran sobre la activación-desactivación de ciertas regiones de la DMN ante el procesamiento de información diferencial. Estos subsistemas serían: DMN temporal medial (MT), relacionada con la memoria

episódica y la construcción de escenas; DMN core, implicada en la información autorreferencial; y DMN frontotemporal (FT) o dorsomedial (según Andrews-Hanna et al., 2010; y Fernandino y Binder, 2024), relacionada con la cognición social, semántica y abstracta.

En concreto, la FT estaría especialmente implicada en el procesamiento de lo abstracto (Shao et al., 2024) al mostrar patrones de activación en áreas de procesamiento tardío típicamente implicadas en la abstracción del significado, tales como el giro frontal inferior izquierdo (iFG, por sus siglas en inglés), giro angular izquierdo (IAG) y giro temporal superior bilateral (sTG). Otras áreas muestran desactivación, tales como el iFG derecho, el sTG derecho y otras regiones del IAG (Shao et al., 2024).

Esta función de la DMN, según Fernandino y Binder (2024), permitiría coordinar e integrar toda la experiencia previa del sujeto (almacenada en representaciones simbólicas) en un modelo interno coherente sobre el mundo. Mundo que, en última instancia, no deja de ser una construcción subjetiva del sujeto donde el self vertebrada contexto a toda la experiencia, incluida la cognición semántica (Northoff, 2016). En el [Anexo D](#) puede verse de forma gráfica la relación DMN-funciones semánticas.

En definitiva, aunque la literatura expuesta presenta resultados consistentes respecto a la funcionalidad de la DMN, existen ciertas discrepancias entre diferentes estudios y aproximaciones experimentales que dejan varias preguntas sin resolver: ¿es la DMN una red unitaria específica del self o lo es de la capacidad de abstracción? ¿Pueden coexistir ambas perspectivas si contemplamos la DMN como un conjunto de subredes o, por el contrario, hablar de DMN supone referirnos a una única red anatómico-funcional? En consecuencia, ¿podemos entender el self como un concepto con identidad propia? ¿O hablar de self es hablar de un concepto lingüístico abstracto más? El objetivo del presente estudio pretende responder a estas cuestiones explorando si existe una activación espaciotemporal diferencial en la DMN, así como de conectividad funcional, en sujetos con alta vs. baja autoconciencia y en sujetos con alta vs. baja capacidad de abstracción.

Nuestras hipótesis son las siguientes: (1) esperamos encontrar diferencias significativas en los patrones de conectividad funcional de la DMN en sujetos con alta vs. baja autoconciencia, siendo las regiones más implicadas las típicamente relacionadas con el core self o self mental; (2) dichas diferencias van a correlacionar positivamente con la subescala de autoconciencia privada de la SCS, como muestra la literatura previa; (3) se darán diferencias significativas en los patrones de conectividad funcional de la DMN en sujetos con alta vs. baja capacidad de abstracción, estando dichas diferencias localizadas en las regiones de la subred FT de la DMN; (4) finalmente, encontrar patrones de activación diferencial o de solapamiento en la comparativa self vs. abstracción nos permitirá responder a la cuestión de si la DMN está formada por un conjunto de subredes o, por el contrario, es una red unitaria. Y, en este último caso, si dicha red está especializada en el procesamiento del self como concepto independiente o, por el contrario, está implicada en el procesamiento de lo abstracto.

METODOLOGÍA

Diseño experimental

El diseño experimental consiste en un estudio ex post facto comparativo para los análisis de tiempo-frecuencia y de conectividad y en un diseño correlacional para los análisis de Fourier (ver apartado Análisis de Datos). Las medidas utilizadas son medidas de actividad cerebral en resting state y medidas conductuales, a saber: cuatro medidas de autoconciencia y una medida de abstracción (ver apartado Materiales).

Así, para el análisis comparativo se llevaron a cabo cinco comparaciones neuroimagen-test, una por cada test aplicado. Los sujetos, en cada una de las comparaciones, fueron divididos en dos grupos: grupo de altas puntuaciones vs. bajas puntuaciones en medidas conductuales. De esta forma, se llevaron a cabo un total de diez comparaciones (cinco comparaciones neuroimagen-test x dos grupos) con el objetivo de encontrar diferencias significativas en los patrones temporales o de conectividad funcional de la DMN en los grupos de altos vs. bajos.

Para el análisis correlacional, en cambio, se correlacionaron las medidas individuales de actividad cerebral de cada sujeto con sus respectivas puntuaciones en los tests.

Participantes

Los participantes fueron reclutados dentro del contexto universitario, siendo en su mayoría estudiantes universitarios de Grado o Máster, así como algún profesor universitario. La muestra total fue de 28 sujetos (15 mujeres), con media de edad de 27.6 y desviación típica de 6.9. Todos fueron debidamente informados del procedimiento del experimento y todos firmaron el consentimiento informado, recibiendo una pequeña cantidad económica por su participación.

Los criterios de exclusión dejaron fuera a sujetos con enfermedad o trastorno mental diagnosticado, así como a sujetos con uso actual de psicofármacos.

Materiales

Las dos escalas conductuales utilizadas fueron las siguientes:

(1) *Self-Consciousness Scale* (SCS), de Scheier y Carver (1985), versión revisada de la original (Fenigstein et al., 1975). La SCS de Scheier y Carver está dirigida a población general y cuenta con 22 ítems en una escala tipo Likert de cuatro puntos. Los sujetos tienen que puntuar cada una de las afirmaciones presentadas, siendo 0 = nada parecido a mí y 3 = muy parecido a mí.

La escala proporciona una medida global de autoconciencia (*Total SC*, de aquí en adelante). Pero, a su vez, se divide en tres subescalas que, aunque relacionadas, suponen tres dimensiones independientes de la autoconciencia: autoconciencia privada (*Private SC*), la cual mide la tendencia del

sujeto a pensar o atender a los aspectos privados del self (p. ej. creencias, valores, sentimientos, aspiraciones, etc.). Contiene 9 ítems, tales como “pienso mucho sobre mí mismo”; autoconciencia pública (*Public SC*), tendencia a pensar o prestar atención a las cualidades públicas del self (p. ej. comportamiento, apariencia, tono de la voz, etc.). Tiene 7 ítems, como “suelo ser consciente de mi apariencia”; y ansiedad social (*Anxiety SC*), la cual, probablemente, deriva de una excesiva autoconciencia pública sumada a una excesiva preocupación por la evaluación que otras personas puedan hacer sobre nosotros. Son 6 ítems, tales como “me avergüenzo muy fácilmente”. (Scheier y Carver, 1985).

(2) *Test de Semejanzas* del WAIS-IV. Aquí, cada ítem consta de dos palabras con algún tipo de relación entre ellas (p. ej. tenedor-cuchara; huevo-semilla; etc.), debiendo determinar el sujeto en qué se parecen ambos conceptos (siguiendo con el ejemplo anterior: cubiertos; embriones). El test cuenta con 18 ítems, cada uno de los cuales es puntuado por el evaluador con 0, 1 o 2 puntos, según el individuo responde de forma correcta o no.

La consideración de respuesta más o menos correcta depende del grado de abstracción que el sujeto es capaz de lograr. Así, el evaluador puntúa con 2 puntos las respuestas que reflejan una clasificación general apropiada -categorial- de los conceptos, mientras que puntúa con 1 punto respuestas que solo hacen referencia a una o varias propiedades compartidas por los conceptos, pero que no reflejan la capacidad de clasificar a ambos en una categoría supraordinal (p. ej., “cubiertos” es más general que “tienen mango”). Por su parte, la puntuación de 0 se da cuando la respuesta del sujeto hace referencia a alguna característica no común entre los conceptos.

En definitiva, esta prueba mide la capacidad de abstracción verbal o razonamiento abstracto del sujeto y, según la revisión de Davies y Piovesana del 2015, se postula como la mejor prueba al respecto.

Por su parte, los registros de neuroimagen se llevaron a cabo con un EEG de 59 canales, siguiendo el sistema internacional 10/20. Se registró con una frecuencia de muestreo de 250 Hz y un filtro paso banda de 0.01-100 Hz. Todos los canales, incluido el mastoide izquierdo, fueron referenciados *online* al mastoide derecho y re-referenciados *offline* a la media de los dos mastoides (M1-M2). La impedancia de los electrodos se mantuvo por debajo de 5 k Ω . La actividad ocular se monitorizó mediante dos electrodos verticales (VEOG) y dos horizontales (HEOG).

Finalmente, los datos de neuroimagen fueron analizados utilizando el software *Brain Electrical Source Analysis* (BESA), especializado en análisis de datos de EEG. Se utilizaron sus productos: BESA *research* 7.1 (preprocesado), BESA *connectivity* 2.0 (análisis de conectividad y tiempo-frecuencia) y BESA *statistics* 2.0 (análisis de datos). Además, las correlaciones de los datos de neuroimagen con los datos conductuales se realizaron con el programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS).

Procedimiento

Los participantes fueron contactados vía telemática para concertar un horario para el registro de neuroimagen. Con anterioridad al día del registro, los sujetos respondían a los dos cuestionarios (SCS y Semejanzas) vía electrónica, sin presencia del evaluador.

El día del registro de EEG, los participantes firmaban el consentimiento informado. El registro consistió en una medida de resting state con ojos cerrados. La duración de cada registro fue de seis minutos.

Preprocesamiento

Utilizando BESA *research*, el primer paso fue hacer un análisis de componentes independientes (ICA, por sus siglas en inglés) de todos los registros para eliminar los componentes artefactados en cada uno. De todos los registros, solo se interpoló un único canal cuya señal estaba afectada.

Eliminado el ruido, pasamos a generar un modelo o *template* de análisis para aplicar a todos los registros. Dicho template incluía: división de los registros en épocas solapadas, insertando triggers cada cuatro segundos (-2000ms a 2000ms) en el registro continuo para poder realizar los análisis de conectividad y de tiempo-frecuencia entre diferentes épocas; selección de un filtro *offline* para frecuencias de entre 1Hz-100Hz; generación de un segundo análisis de artefactos por épocas, lo que daba lugar a un segundo análisis semiautomático de cada registro; selección de un *source montage*, el cual convertía la actividad registrada por los electrodos en fuentes cerebrales estimadas a partir de un modelo de localización.

El source montage seleccionado fue el de DMN con fuentes de control (ruido). Las fuentes de control se encargan de absorber varianza no relacionada con la DMN para aislar mejor la actividad de esta red. Las fuentes proporcionadas por este montaje son doce, seis áreas típicas de la DMN y seis áreas de control: corteza prefrontal medial (mPFC), corteza cingulada posterior (pCC), giro angular izquierdo (lAG) y derecho (rAG) y corteza temporal lateral izquierda (lLC) y derecha (rLC) como áreas de la DMN; y corteza frontal izquierda (lFr), derecha (rFr) y medial (mFr), corteza parietal medial (mPar) y corteza occipital izquierda (lOcc) y derecha (rOcc) como áreas de control.

Análisis de datos

Tras esto, utilizando BESA *connectivity*, procedimos a realizar los análisis de tiempo-frecuencia, así como los análisis de conectividad funcional, de los registros. Se llevaron a cabo diez análisis diferentes, uno por cada test conductual aplicado (Semejanzas, Total SC, Private SC, Public SC y Anxiety SC) en cada una de las dos condiciones (altos y bajos). La división en altos y bajos nos permitió generar un promedio de los registros de resting en cada grupo.

El criterio para realizar la división de altos y bajos fue la aplicación de la mediana obtenida en cada test. Se utilizó la mediana, y no la media, porque la variabilidad intratest era muy pequeña y polarizaba hacia valores altos (ver apartado Discusión), lo que proporcionaba una distribución intergrupos muy desigual (más sujetos en el grupo de altos que en el de bajos). En esta distribución, se eliminaron, para cada test, a los sujetos cuya puntuación era el valor de la mediana. Además, cuando la distribución intergrupo quedaba desbalanceada (p. ej. muchos más sujetos en el grupo de altos frente al de bajos) también se eliminaron sujetos con valores cercanos a la mediana. La justificación para esto fue tratar de tener una muestra lo más equilibrada posible en ambos grupos y, al mismo tiempo, con valores polarizados, ya que valores intermedios podían reducir la significación estadística posterior.

El número de sujetos que incluimos en cada una de las comparaciones, teniendo en cuenta que nuestra $n = 28$, fue el siguiente: en Semejanzas, n bajos = 12 y n altos = 8; en Total SC, n bajos = 13 y n altos = 13; en Private SC, n bajos = 8 y n altos = 7; en Public SC, n bajos = 13 y n altos = 12; y en Anxiety SC, n bajos = 13 y n altos = 13. Nótese que la pérdida de sujetos fue notable tanto en Private SC (ambos grupos), como en Semejanzas (altos).

Los análisis de tiempo-frecuencia se realizaron utilizando la Transformada Wavelet (Wavelet de Morlet) para poder analizar la evolución de las bandas de frecuencia a lo largo del tiempo. Antes de realizar el análisis, se aplicó un segundo filtro offline con un *cutoff* superior en los 40Hz. Por su parte, los métodos utilizados para los análisis de conectividad fueron, a modo exploratorio, los siguientes: Coherence, Granger Causality, Phase Lag Index, Phase Locking Value y Weighted Phase Lag Index.

Ambos análisis, tiempo-frecuencia y conectividad, se realizaron en base a la distribución de los sujetos en los grupos altos y bajos. No se llevó a cabo una medida global de los 28 participantes.

Finalmente, llevamos a cabo una Transformada Rápida de Fourier (FFT, por sus siglas en inglés) para cada uno de los registros, descomponiendo los datos en las cinco bandas de frecuencia (delta, theta, alpha, beta y gamma) para cada una de las doce áreas de la red. Con estos datos, correlacionamos los conjuntos *área x frecuencia* de cada sujeto con las puntuaciones obtenidas en cada test conductual, en este caso sin comparación intergrupos. El número total de comparaciones fue de 600 (5 frecuencias x 12 áreas x 5 tests x 2 comparaciones estadísticas). Con esto, pretendíamos explorar si existía alguna correlación entre frecuencia en un área determinada y puntuaciones conductuales.

Los análisis estadísticos de tiempo-frecuencia y de conectividad se realizaron con la herramienta BESA *statistics*, utilizando la t de Student para muestras independientes con el fin de analizar si la diferencia entre grupos alcanzaba o no la significación estadística.

Para los análisis de FFT, hicimos uso del SPSS y utilizamos dos estadísticos de correlación, Pearson (r) y Spearman (ρ). En todos los casos se aplicó False Discovery Rate (FDR) para corregir el valor de p . Se desestimó el uso de Bonferroni por ser muy restrictivo.

RESULTADOS

Tests conductuales

En la **Tabla 1** pueden verse los datos obtenidos en los tests conductuales (por orden: puntuación máxima que puede obtenerse en cada test, media, desviación típica, coeficiente de variación y mediana).

TABLA 1

Pruebas	Punt. Máx.	\bar{x}	<i>s</i>	<i>CV</i>	<i>Med</i>
Semejanzas	36	21.86	4.7	21.5	22
Total SC	66	44.07	7.45	16.9	44
Private SC	27	21.03	3.11	14.79	22
Public SC	21	13.9	3.42	24.6	14
Anxiety SC	18	9.14	4.55	49.78	8

Merece la pena destacar dos cuestiones que se desprenden de estos datos: en primer lugar, la media obtenida por la muestra en cada uno de los tests es bastante superior a la puntuación media de cada test. Esto sucede en todos los casos, excepto en el subtest Anxiety SC, lo que nos indica que nuestra muestra tendió a puntuar en el rango alto en casi todas las pruebas; en segundo lugar, como muestran los CV, la variabilidad de las puntuaciones obtenidas por la muestra fue de baja a moderada, excepto en el subtest Anxiety SC, que fue alta.

En definitiva, los datos muestran una alta homogeneidad de la muestra en todas las pruebas, a excepción de en Anxiety SC, cuyos resultados se distribuyen de forma más dispersa y cuya media (9.14) y mediana (8) son similares a la puntuación media del test (9), sugiriendo una tendencia más central.

Análisis intergrupos de tiempo-frecuencia y de conectividad funcional

Respecto a los análisis de tiempo-frecuencia, ninguna comparación resultó ser significativa para ninguno de los tests conductuales.

Por su parte, llevamos a cabo un total de 25 análisis de conectividad (5 métodos estadísticos x 5 tests conductuales), cada uno de los cuales analizó todas las conexiones funcionales posibles. De todas ellas, solo encontramos un clúster significativo ($p = 0.02$) para *Granger Causality x Anxiety SC*, con los siguientes datos: valor del clúster = -7042.36; \bar{x} bajos Anxiety SC = 0.02; \bar{x} altos Anxiety SC = 0.06; valor *t* más extremo del clúster = -467.715; latencia pico = 1888ms; frecuencia pico = 28.85Hz; dirección de la correlación = IOcc-1AG. Es decir, los sujetos con mayor ansiedad social mostraban una mayor conectividad entre el occipital izquierdo (IOcc: predictor) y el giro angular izquierdo (1AG), estando el pico de mayor conectividad en los 1888ms y en los 29Hz (límite superior de la banda beta).

No obstante, cuando se aplicó FDR, la significación de *Granger Causality x Anxiety SC* no sobrevivió a la corrección por comparaciones múltiples ($p = 0.0089$, 5403 comparaciones).

Análisis de Fourier

De las 600 comparaciones llevadas a cabo, 35 fueron significativas con una $p \leq 0.05$, de las cuales 9 lo fueron con una $p \leq 0.01$. No obstante, tras aplicar FDR ($p \leq 0.005$), solo 5 mantuvieron la significación. Los datos pueden consultarse en la **Tabla 2**. En la primera fila, se indican las *frecuencias en áreas* donde resultó la significación; en la primera columna, se indican los tests conductuales y la correlación aplicada (r o ρ).

TABLA 2

	Alpha en pCC	Alpha en rLC	Alpha en rOcc
Total SC (r)	$r = 0.538$ ($p = 0.003$)		
Anxiety SC (r)	$r = 0.512$ ($p = 0.005$)	$r = 0.531$ ($p = 0.004$)	$r = 0.538$ ($p = 0.003$)
Anxiety SC (ρ)			$\rho = 0.531$ ($p = 0.004$)

Todos los valores de correlación fueron positivos, lo que indica que: a mayor autoconciencia global, los sujetos tienden a presentar mayor frecuencia alpha en el córtex cingulado posterior (pCC); y, a mayor ansiedad social, los sujetos presentan mayor frecuencia alpha en la pCC, el córtex lateral derecho (rLC) y el occipital derecho (rOcc).

Todas las correlaciones presentaron un efecto de moderado a alto. No superó el valor de significación ninguna correlación en otra frecuencia que no fuese alpha. Tampoco lo hicieron las correlaciones con la prueba de Semejanzas ni con los subtests de Private SC o Public SC.

En el [Anexo E](#) pueden consultarse las gráficas de dispersión. No obstante, como puede verse en ellas, hay ciertos valores extremos o *outliers* que pueden estar sesgando la significación alcanzada con Pearson, al ser este más sensible a valores atípicos: en las comparaciones con pCC, el valor de $2405,8\mu V^2$ puede estar favoreciendo la significación con Pearson tanto en Total SC ($p = 0.003$), como en Anxiety SC ($p = 0.005$). De hecho, con Spearman no se alcanza la significación tras corrección con FDR en ninguna de las dos escalas (Total SC: $p = 0.007$; Anxiety SC: $p = 0.014$); igualmente, en las comparaciones con rOcc, todos los valores se colocan en el rango de $79-3900\mu V^2$, excepto un valor muy extremo situado en los $14970\mu V^2$. Sin embargo, en este caso, la significación en Anxiety SC se da con ambos coeficientes de correlación, por lo que parece ser consistente. Hay que tener en cuenta que estos valores son elevados debido a que el BESA integra los valores de densidad espectral ($\mu V^2/Hz$) punto a punto a lo largo de la banda de frecuencia. Dichos valores, por tanto, son consistentes con la métrica utilizada y no parecen reflejar artefactos en la señal.

DISCUSIÓN

La primera conclusión que se deriva de los resultados presentados es que ninguno de ellos parece constatar los hallazgos que brinda la literatura previa (ver Introducción). De hecho, ninguna de nuestras hipótesis se ve satisfecha al no haber encontrado: (1) diferencias en la conectividad funcional de la DMN en sujetos con alta vs. baja autoconciencia; (2) ninguna correlación DMN-Private SC; (3) diferencias en la conectividad funcional de la DMN en sujetos con alta vs. baja capacidad de abstracción; (4) activación diferencial en el procesamiento autorreferencial vs. abstracto.

No obstante, nuestros resultados ofrecen información consistente que merece la pena ser contrastada. Si bien los análisis de conectividad funcional no han resultado significativos, los análisis de FFT sí muestran mayor activación de ciertas áreas en sujetos con mayor ansiedad social o autoconciencia global. Dicha activación aparece de forma consistente mediada por alpha en todas las medidas. Por ello, además de analizar estos resultados de forma crítica, reflexionando sobre posibles limitaciones metodológicas, voy a tratar de integrarlos en el corpus teórico que proporciona la literatura.

Tests conductuales

Como apuntábamos en el apartado de Resultados, la subprueba que más información nos brinda al correlacionarla con los datos de neuroimagen es la de Anxiety SC, por ser esta la que presenta mayor tendencia central y mayor dispersión. Las demás pruebas, al tener sus datos una menor variabilidad y una tendencia sesgada hacia el extremo alto de la escala, parecen acotar la posibilidad de encontrar diferencias significativas entre grupos. Esto es necesario tenerlo en cuenta de cara a la interpretación de los resultados, ya que partimos de una muestra bastante pequeña y homogénea que puede reducir la potencia estadística de todos los subtests, con la excepción de Anxiety SC (ver apartado Limitaciones).

De hecho, teniendo en cuenta la literatura previa (de Caso et al., 2017; Huang et al., 2016; Wolff et al., 2018), hipotizamos encontrar mayores diferencias en conectividad funcional en el grupo de altos vs. bajos en Private SC. Sin embargo, ninguno de nuestros análisis resultó significativo para esta escala. Esto puede deberse a que los resultados obtenidos en esta prueba son los que presentan menor variabilidad de todos (14.79%) y, por tanto, la diferencia inferida entre altos y bajos puede no ser tal. Además, la división grupal perjudica especialmente al subtest de Private SC, por ser este el que más sujetos pierde (n bajos = 8; n altos = 7; n desestimados = 13).

Análisis de tiempo-frecuencia y de conectividad funcional

Dado que el objetivo principal del trabajo era encontrar información relativa a tiempo-frecuencia y conectividad funcional, y teniendo en cuenta que no se han encontrado diferencias significativas a este respecto, merece la pena realizar algunas consideraciones. Ambos análisis son mucho más exigentes que FFT y más sensibles al ruido, por lo que pueden requerir de una mayor muestra, un mayor número de ensayos o una mejor calidad de la señal para alcanzar la significación

estadística (Duan et al., 2021; Morales y Bowers, 2022). Mientras FFT colapsa toda la señal EEG únicamente en cada una de las bandas de frecuencia, lo que resulta en mayor sensibilidad y potencia estadística (Morales y Bowers, 2022), los análisis de tiempo-frecuencia no solo miden el valor de frecuencia, sino también los cambios dinámicos en amplitud y fase de las oscilaciones cerebrales (dominio temporal), lo que conlleva mayor sensibilidad al ruido, debido al carácter segmentado de los datos (Morales y Bowers, 2022). Por su parte, los análisis de conectividad, al analizar posibles relaciones entre áreas anatómicas separadas, conllevan menor estabilidad y mayor variabilidad inter-sujeto, lo que debilita la potencia estadística, aun existiendo una sincronía real (Duan et al., 2021).

Además, al haber partido de un análisis exploratorio, el número de comparaciones llevadas a cabo en los análisis fue muy elevado (5403 en conectividad), lo que hizo que, tras la aplicación de FDR, la significación estadística fuese excesivamente baja ($p = 0.0089$). Esto desestimó el único clúster significativo que encontramos (IOcc-IAG) bajo Granger Causality. Es posible que, especificando previamente ciertas ROIs, la corrección con FDR hubiese sido más favorable (Morales y Bowers, 2022).

Finalmente, es posible que una muestra más amplia y heterogénea hubiese facilitado la significación estadística en ambos análisis (ver apartado Limitaciones).

Análisis de Fourier

Los resultados indican la existencia de correlación positiva entre ciertas áreas cerebrales y dos de las escalas utilizadas: a mayor autoconciencia global (Total SC), mayor activación de la pCC; y a mayor ansiedad social (Anxiety SC), mayor activación en pCC, rLC y rOcc. Dicha activación se da únicamente en alpha (8-14Hz) y solo resulta significativa con Pearson (a excepción de Anxiety SC-rOcc, que también resulta significativa con Spearman).

i) Total SC-pCC

Este es uno de los hallazgos más consistentes con la literatura, sabiendo que la pCC es uno de los nodos principales de la DMN (Davey et al., 2016; Leech y Sharp, 2014; Raichle, 2015; Sanz-Morales y Melero, 2024), con especial actividad en resting state (Leech y Sharp, 2014; Northoff, 2016; Raichle, 2001, 2015; Sanz-Morales y Melero, 2024) y con una fuerte implicación en el procesamiento autorreferencial (Davey et al., 2016; Leech y Sharp, 2014; Qin y Northoff, 2011; Wolff et al., 2018).

Leech y Sharp (2014) apuntan que, debido a la alta conectividad anatómica y funcional de la pCC con diferentes zonas corticales y subcorticales, es imposible asignar una única función a esta área, ya que funciona como un *hub* muy importante en el procesamiento de varios tipos de información. No obstante, debido a su rol central en la DMN, su activación en resting parece estar relacionada con el “pensamiento interno dirigido”, especialmente la zona ventral (Leech y Sharp, 2014). Así, uno de sus principales roles sería la coordinación de representaciones mentales internas, las cuales tienden a hacerse conscientes cuando procesamos información autorreferencial en estado de reposo (Davey et al. 2016).

Además, el precúneo, aunque es un área relativamente independiente (Cavanna y Trimble, 2006), se incluye dentro del nodo pCC de la DMN, considerándose su conjunto (pCC + precúneo) como un nodo central de esta red (Davey et al., 2016; Leech y Sharp, 2014; Raichle, 2015; Sanz-Morales y Melero, 2024). Por eso, en nuestro estudio, y debido a la peor resolución espacial que ofrece el EEG frente a otro tipo de técnicas de neuroimagen, el source montage proporcionado por el BESA incluye al precúneo dentro del nodo pCC de la DMN.

El precúneo también presenta una alta activación durante resting state (Cavanna y Trimble, 2006; Raichle et al., 2001), mostrando la mayor actividad metabólica de toda la corteza, alrededor de un 35% más que cualquier otra área (Cavanna y Trimble, 2006). Aunque parece estar implicado, como la pCC, en diversas funciones, destaca su papel en la descripción de rasgos y características personales (generación de representaciones del yo, según Cavanna y Trimble, 2006; Kjaer et al., 2002), sensación de agencia (Kjaer et al., 2002), pensamiento contemplativo (Cavanna y Trimble, 2006) y procesos de autoconciencia (Cavanna y Trimble, 2006).

En definitiva, parece que la pCC, incluido el precúneo, son un hub central en la noción del self (Kjaer et al., 2002). De hecho, «la similitud entre los patrones [neurales de los procesos de] autorreferencia activa y los de resting state, [señalan a la] autoconciencia [como fenómeno nuclear] en el resting state» (Kjaer et al., 2002, p. 1084), razón por la que sujetos con mayor nivel de autoconciencia tienden a mostrar una mayor activación de la pCC en estado de reposo.

Queda por esclarecer, no obstante, por qué este hub no correlaciona con Private SC, como muestran los estudios previos, y sí con la puntuación global de la escala. Entendemos que Total SC, como medida global de autoconciencia, abarca mejor dicho constructo, mientras que Private SC deja fuera otros tipos de autoconciencia (pública y social) que sí parecieran ser significativos de la pCC.

ii) Anxiety SC-pCC/rLC

Posiblemente, la asociación DMN con los niveles de ansiedad social sea lo que más llama la atención de nuestros resultados, especialmente por la menor información disponible en la literatura sobre esta cuestión. Aun así, existe una amplia evidencia que respalda la implicación de la DMN en procesos de cognición social y mentalización, entre las que destacan áreas como la corteza temporal o la cingulada posterior.

Meyer et al. (2012) plantean que los procesos de mentalización reclutan áreas situadas en zonas mediales frontoparietales (p. ej. pCC), entre otras, y consideran que la red de mentalización es idéntica a la DMN. De hecho, postulan que su elevada actividad en reposo puede sugerir que los «individuos están involucrados en formas complejas de cognición social» (Meyer et al., 2012, p.1886). Además, también sugieren mayor activación de la pCC/precúneo, entre otras, en procesos de memoria de trabajo social.

Como apuntábamos en el apartado de Introducción, citando a Shao et al. (2024), ciertos autores proponen una división de la DMN en tres subsistemas. Andrews-Hanna et al. (2010) y Wen et al. (2020) apuntan a la subred dorsomedial (frontotemporal o FT, según Shao et al., 2024) como la involucrada en tareas de “introspección sobre estados mentales”: Teoría de la Mente o ToM, por sus siglas en inglés; toma de decisiones morales; o razonamiento social. Incluyen áreas como la dmPFC, la TPJ y los lóbulos temporales laterales y polares. Quizás sea esta la mayor evidencia que arrojan nuestros resultados a favor de la implicación de la DMN FT en el procesamiento de información abstracta, teniendo en cuenta que los procesos de mentalización suponen un grado de abstracción conceptual importante, lo que queda sustentado por la implicación de esta subred en ambos tipos de procesamiento, social y semántico (Andrews-Hanna et al., 2010; Fernandino y Binder, 2024; Shao et al., 2024).

Por su parte, Schilbach et al. (2006) encuentran activación de la vmPFC, zona parahipocampal izquierda y áreas temporales superiores derechas en tareas de interacción social yo-otros. La implicación de áreas temporales del hemisferio derecho en procesos de cognición social es especialmente relevante, dados nuestros resultados significativos en rLC. Esto queda replicado en varios estudios, según apuntan Schilbach et al. (2006), incluido de Caso et al. (2017). En concreto, Schilbach et al. (2006) apuntan al giro temporal superior como una zona implicada en el procesamiento de estímulos sociales. También Kampe et al. (2003) incluyen los polos temporales y los sulcos temporales superiores como áreas activas en procesos de mentalización.

Otros autores también documentan este solapamiento entre áreas de la DMN y áreas implicadas en cognición social: interacciones sociales (precúneo), resting state-cognición social (pCC y precúneo, entre otras), mentalización y ToM (TPJ, mFC, IAG, pCC y precúneo) (Mars et al., 2012); o evaluación de las representaciones yo-otros (mPFC, pCC/precúneo y TPJ), según el metaanálisis de Schilbach et al. del 2008, quienes también entienden la cognición en resting como principalmente social.

Finalmente, Molenberghs et al. (2016) proponen una activación diferencial de áreas según el tipo de ToM implicada en los procesos de mentalización: activación del ITC en ToM implícita y activación del precúneo y los temporales polares en ambas, implícita y explícita; temporal polar y giro temporal posterior medio and ToM afectiva, con mayor coactivación de los giros anterior y medio-superior temporal derecho, frente a precúneo y giro temporal medio derecho en ToM cognitiva, con coactivación del temporal superior posterior derecho. Ambas, afectiva y cognitiva, activan la zona anterior del giro temporal medio; precúneo en ToM verbal y visual, con coactivación específica del giro temporal medio anterior en ToM verbal.

Ahora bien, ¿qué entendemos por mentalización? ¿Cómo se relaciona esto con los datos de ansiedad social? Cuando hablamos de mentalización, nos referimos a la capacidad de atribuir estados mentales a otras personas (ToM) (Schilbach et al., 2008), lo cual puede estar especialmente ligado a estados de ansiedad social cuando dicha capacidad se torna rígida. De hecho, si nos remitimos a la SCS,

de los 6 ítems relacionados con el constructo Anxiety SC, 5 de ellos hacen referencia a situaciones donde el proceso de mentalización es primordial como estrategia para reducir la incertidumbre en situaciones no ordinarias o novedosas (ítem 3), en las que disponemos de pocas claves sociales (11) o que suponen algún tipo de exposición (7, 15 y 22). Así, una mentalización excesiva o rígida puede generar procesos de rumia que lleven a la persona a preocuparse en exceso de lo que otras personas opinan sobre nosotros. De hecho, la ansiedad social como trastorno conlleva un «pánico y evitación constantes [en situaciones] sociales que involucran un posible escrutinio por parte de otros» (Al-Ezzi et al., 2021, p. 1). Dichas situaciones, según Brühl et al. (2014), están asociadas a situaciones que conllevan la «exposición a personas no familiares, al posible escrutinio de otros o a aguantar dichas situaciones con intensa ansiedad o malestar» (Brühl et al., 2014, p. 261). Es decir, la inferencia por parte del sujeto de un posible escrutinio conlleva un proceso de mentalización que, en caso de estar desajustado, puede inducir ansiedad social.

Por tanto, dada la evidente conexión de la DMN con el procesamiento social, varios autores han investigado respecto a la relación que puede existir entre esta red y la ansiedad social. Al-Ezzi et al. (2021) encuentran una actividad especialmente elevada en estado de reposo en el precúneo en sujetos con diagnóstico de ansiedad social. La revisión meta-analítica de Brühl et al. del 2014 incluye también la pCC. También incluyen el giro temporal superior como un área involucrada en el circuito del miedo. Finalmente, el giro temporal medio derecho y el superior derecho parecen estar sobreactivados en individuos con ansiedad social durante la anticipación de estímulos emocionales no relacionados con contenido social (Brühl et al., 2011), lo que, en cualquier caso, señala a la anticipación como otro de los fenómenos relevantes en sujetos con ansiedad.

En resumen, si bien puede ser necesaria mayor investigación para caracterizar a la DMN como una red implicada en la ansiedad social, no parece existir duda sobre la implicación que tiene en procesos de cognición social, en particular áreas como la pCC o la corteza temporal (entre otras no detalladas en profundidad en esta revisión), tal y como muestran nuestros resultados. Además, Schilbach et al. (2008) hacen hincapié en la importante dimensión social que conlleva el término autoconciencia (*self-consciousness*), al concebir el self como un concepto inherentemente co-constituido por el “otro”, ya que la capacidad de identificar nuestro estado mental como propio parte de la capacidad de distinguirlo del estado mental de los otros, lo cual es central para posibilitar la experiencia autoconsciente (Schilbach et al., 2006, 2008). En palabras de estos autores:

Esta conexión potencialmente inherente entre el “self” y el “otro” ha sido entendida como el resultado del proceso ontogenético de adquirir dichas representaciones. De hecho, la evidencia [...] sugiere que la autoconciencia emerge a través de la interacción del niño con los otros al comparar y distinguir los propios estados cognitivos de los de los demás (Schilbach et al., 2008, p. 459).

Quizás esto pueda ayudarnos a entender la evidencia sugerida por la literatura en torno al solapamiento DMN-resting state-procesamiento autorreferencial-cognición social (Schilbach et al., 2008).

iii) Anxiety SC-rOcc

Resulta llamativo que una de las áreas significativas haya sido el occipital derecho, teniendo en cuenta que es una de las regiones considerada por el BESA como “ruido” (control) dentro del source montage de la DMN. No obstante, descartamos la posibilidad de que su activación sea un artefacto por dos razones: no parece deberse a movimientos oculares, ya que el resting se llevó a cabo con los ojos cerrados, además de encontrarse esta fuente en regiones alejadas de los ojos; el hecho de que su activación se haya relacionado de forma tan consistente con los niveles de ansiedad social, pero no con ninguna otra escala, parece invalidar la idea de que la significación estadística se haya dado por azar o por variables extrañas no identificadas. De hecho, existe literatura que reporta la activación del occipital en resting, así como en sujetos con ansiedad social.

Delamillieure et al. (2010) diseñaron un cuestionario semiestructurado para evaluar la experiencia interna que los sujetos tenían durante el período de resting (*Resting State Questionnaire*). De todas las categorías (imágenes mentales visuales, lenguaje interno, consciencia somatosensorial, experiencia musical y manipulación de números), la mayor parte de sujetos reportaron una mayor experiencia de imágenes visuales mentales (35%), frente a únicamente un 17% de lenguaje interno (también en Frewen et al., 2020). Así, la experimentación de imágenes visuales en resting puede dar cuenta de la activación de regiones occipitales.

En este sentido, Davey et al. (2016) documentan la activación de la corteza visual primaria en estado de reposo y en procesamiento autorreferencial. Sin embargo, otros estudios indican que, en resting state, si bien se produce un mayor incremento de la potencia alpha en la corteza visual primaria, este incremento está correlacionado con una reducción en la conectividad de esta área con áreas occipitales adyacentes. Así, alpha parece estar implicada en la inhibición de áreas irrelevantes para el procesamiento en curso (Scheeringa et al., 2012).

Respecto a la relación occipital-ansiedad social, de Caso et al. (2017) y Al-Ezzi et al. (2021) encuentran una elevada conectividad entre el sistema límbico y el occipital en sujetos con ansiedad social, lo cual puede explicar la hipervigilancia a claves sociales (de Caso et al., 2017). Brühl et al. (2011, 2014) también encuentran activación en regiones occipitotemporales y parietooccipitales bilaterales en personas con ansiedad social, así como en el giro occipital inferior bilateral. En concreto, Brühl et al. (2011) encuentran mayor activación en el giro medial occipitotemporal bilateral, los giros occipitales superior y medial derechos y el inferior izquierdo en sujetos con elevada ansiedad rasgo y/o con ansiedad social ante la anticipación de estímulos negativos, lo que reafirma la implicación de estas áreas no solo en la percepción de estímulos ansiógenos, sino también en su anticipación.

En definitiva, si bien la implicación de áreas occipitales en resting state en sujetos con ansiedad social no está tan bien delimitada como la implicación de la pCC o las regiones temporales, sí queda constatado que estas áreas juegan cierto rol en la generación de imágenes visuales, reflexividad, rumiación o anticipación de situaciones ansiógenas, especialmente con contenido social, bien de forma aislada o bien en conexión con otras áreas cerebrales. No obstante, es necesario conceptualizar de forma más precisa la implicación del occipital en la ansiedad social, delimitando su correlato anatómico-funcional y su relación con la DMN. En concreto, queda sin responder por qué la región occipital significativa en nuestro estudio es la derecha, pero no la izquierda.

iv) Banda alpha (8-14Hz)

Tradicionalmente, la frecuencia alpha se ha asociado a estados de relajación y calma en vigilia y suele correlacionar negativamente con el procesamiento bottom-up (Knyazev, 2013). De hecho, esta frecuencia correlaciona positivamente con la DMN y negativamente con redes atencionales (Knyazev, 2013). Por otro lado, alpha también ha mostrado fuertes correlaciones con procesos autorreferenciales espontáneos (p. ej. divagación mental) (Knyazev, 2013), lo que apoya la idea del rest-self overlap apuntada por Northoff en 2016, así como nuestros resultados en Total SC-pCC. Respecto a la localización de estos picos de alpha, si bien las zonas donde aparecen suelen ser las típicamente relacionadas con la DMN, Knyazev (2013) reporta ciertas diferencias culturales.

Bai et al., en 2016, también reportan un elevado alpha previo a la presentación de un estímulo solo cuando dicho estímulo va a ser percibido o etiquetado por el sujeto como con gran carga autorreferencial. Esto muestra un papel predictivo de alpha sobre el estímulo, ya que «la percepción subjetiva del estímulo como muy autorreferencial o poco autorreferencial puede depender no solo del propio estímulo y sus características objetivas, sino también del estado previo del sujeto» (Bai et al., 2016, p. 11), entendiendo dicho estado previo como un elevado alpha. De nuevo, estos autores proponen este mecanismo como mediador en la relación resting state-self (rest-self overlap), de forma que alpha funcionaría como correlato temporal por el cual un cerebro en resting es capaz de seleccionar lo que es o no relevante para la persona (Bai et al., 2016).

Lo comentado hasta ahora avala el resultado de Total SC-pCC. Pero ¿cuál es la relación entre alpha y ansiedad? Knyazev et al. (2004) plantean que la ansiedad rasgo y la ansiedad estado tienden a correlacionar positivamente con alpha, estando dichas correlaciones generalizadas en toda la corteza, no vinculadas a áreas específicas. Según estos autores, un alpha elevado, bien en condiciones experimentales o en resting, funciona como indicador de un organismo hipervigilante y constantemente preparado para el procesamiento de información (reactividad), así como de la inhibición conductual, características típicamente relacionadas con individuos ansiosos.

Wang et al. (2025) reportan la existencia de asimetría de la potencia alpha en ambos hemisferios cerebrales, con una mayor potencia de alpha en la red FT derecha frente a la izquierda en pacientes con

trastorno de pánico, ansiedad social o ansiedad generalizada. Dado que una mayor potencia de alpha se relaciona con menor actividad cortical, esta información indica que sujetos con ansiedad tienden a mostrar una mayor actividad cortical en el hemisferio izquierdo frente al derecho.

Si bien estos datos se refieren, en su mayoría, al constructo de ansiedad en su forma generalizada (estado o rasgo), no específica de situaciones sociales, merece la pena tenerlos en cuenta para una futura aproximación más específica a la ansiedad social, dados los datos sugeridos en nuestro estudio.

Limitaciones y futuras aproximaciones

La principal limitación de este estudio ha sido el reducido tamaño de la muestra y, especialmente, su homogeneidad. Una mayor heterogeneidad en los resultados conductuales habría posibilitado la formación de grupos más extremos que, en última instancia, habría repercutido en la obtención de resultados más robustos en la correlación test-EEG. Además, una muestra más amplia habría posibilitado una mayor significación estadística en los análisis de tiempo-frecuencia y de conectividad, especialmente en la escala de Private SC.

Otra posible limitación es la selección de tests conductuales. Por un lado, si bien la selección del test de Semejanzas (WAIS-IV) parece la más indicada como medida de abstracción verbal, según indican ciertas revisiones (Davies y Piovesana, 2015), sería interesante medir dicha capacidad haciendo uso de otros tests análogos, así como la capacidad de abstracción no verbal, para tener una perspectiva amplia de cómo la abstracción correlaciona con la dinámica cerebral en reposo. Por otro lado, respecto a la SCS, es evidente lo apropiado de esta escala para medir los niveles de autoconciencia. No obstante, teniendo en cuenta nuestros hallazgos respecto a la ansiedad social, merece la pena plantearnos si la subescala Anxiety SC es la más apropiada para medir este constructo. Dada la significativa relación encontrada entre resting state y ansiedad social, merece la pena explorar si dicha asociación se mantiene utilizando tests únicamente concebidos para medir este constructo (p. ej. *Liebowitz Social Anxiety Scale*, *Social Interaction Anxiety Scale* o *Social Phobia Scale*), los cuales se presuponen más fiables como medida de ansiedad social. Además, dada la implicación de los procesos de mentalización en la ansiedad social, también convendría investigar sobre la asociación DMN-resting state-ansiedad social-mentalización, utilizando medidas conductuales pertinentes (p. ej. *Reading the Mind in the Eyes Test*).

Finalmente, este estudio ha focalizado en la DMN como sustrato neural del sentido del yo y de la capacidad de abstracción. Merece la pena explorar si estos constructos presentan algún tipo de relación con otras redes, ya sea como medida de control o con énfasis exploratorio. Esta consideración es importante, dada la relación encontrada en la literatura entre: Red Frontoparietal de Control (FPCN, por sus siglas en inglés) y procesamiento autorreferencial o autoconciencia, según de Caso et al. (2017); o Red Atencional Dorsal (DAN) y pCC/precúneo en procesos atencionales, estado de alerta y procesamiento bottom-up (Brühl et al., 2011, 2014), procesos relevantes en sujetos con ansiedad.

CONCLUSIÓN

El objetivo de nuestro estudio era dar respuesta a si la DMN en estado de reposo está implicada en procesos relacionados con el self, concretamente autoconsciencia, o si, por el contrario, es una red relacionada con la capacidad de abstracción, siendo el concepto del yo otro concepto abstracto más. No obstante, nuestros resultados no parecen responder de forma contundente a esta cuestión, ya que ninguna de nuestras hipótesis previas se ve, como tal, satisfecha, a excepción de la relación encontrada entre niveles de autoconsciencia global y pCC (DMN-self) y la relación entre cognición social -o mentalización- y rLT (DMN-abstracción).

Sin embargo, sí parece darse una clara relación entre los niveles de ansiedad social referidos por los sujetos y una mayor actividad cortical en pCC, rLC y rOcc mediada por la banda alpha. Estos resultados, en línea con la literatura previa, sí parecen relacionar el funcionamiento de la DMN, al menos, con la cognición social. Sobre esta cuestión, es necesaria más investigación que explore cuál es el papel exacto de la DMN, cuál es su correlato espaciotemporal, cómo se ve influida por la información social y cómo esta red, a su vez, facilita, entorpece o sesga el procesamiento de información social.

Entonces, ¿cuál es el rol fundamental de la DMN? Lo que muestra nuestro estudio es que la funcionalidad de la DMN excede a la dicotomía self-abstracción y abarca otras áreas como es, en este caso, la social. Y que, como apuntan Northoff (2016, 2024) o Qin et al. (2020), el self no es tanto la cúspide de la pirámide, sino un constructo transversal a todo lo demás, donde la DMN, aunque pueda parcelarse en subredes con funciones más o menos especializadas, tiene como hilo conductor al self. Que dicho constructo tenga identidad propia o no queda por resolver. No obstante, parece claro que la experiencia subjetiva de un sujeto como *ser* agente de la experiencia (ser ontológico) se sitúa en el centro de la vida mental, funcionando como eje vertebral desde el que dar sentido al mundo.

Hablar de ansiedad social -y de cualquier cuestión, en realidad- supone hablar inextricablemente del self. La relación entre el self y el mundo es inseparable, pues, como apuntan Schilbach et al. (2008), uno se construye en interacción con su entorno y, porque el entorno existe, nos diferenciamos de él como sujetos independientes. En el caso que nos ocupa, la ansiedad social supone una

mayor probabilidad de percibir y entender la información social como amenazante debido a un sesgo cognitivo respecto a [nosotros] mismos, los demás y el entorno. [...], lo que conduce a un cambio atencional hacia el self y a una excesiva automonitorización [que, en última instancia, favorece la creación de] representaciones psicológicas negativas sobre [nosotros] mismos (Al-Ezzi et al., 2020, p. 3).

REFERENCIAS

- Al-Ezzi, A., Kamel, N., Faye, I., & Gunaseli, E. (2020). Review of EEG, ERP, and Brain Connectivity Estimators as Predictive Biomarkers of Social Anxiety Disorder. *Frontiers in Psychology, 11*, 730. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00730>
- Al-Ezzi, A., Kamel, N., Faye, I., & Gunaseli, E. (2021). Analysis of Default Mode Network in Social Anxiety Disorder: EEG Resting-State Effective Connectivity Study. *Sensors (Basel, Switzerland), 21*(12), 4098. <https://doi.org/10.3390/s21124098>
- Andrews-Hanna, J. R., Reidler, J. S., Sepulcre, J., Poulin, R., & Buckner, R. L. (2010). Functional-Anatomic Fractionation of the Brain's Default Network. *Neuron, 65*(4), 550-562. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2010.02.005>
- Bai, Y., Nakao, T., Xu, J., Qin, P., Chaves, P., Heinzl, A., Duncan, N., Lane, T., Yen, N.-S., Tsai, S.-Y., & Northoff, G. (2016). Resting state glutamate predicts elevated pre-stimulus alpha during self-relatedness: A combined EEG-MRS study on “rest-self overlap”. *Social Neuroscience, 11*(3), 249-263. <https://doi.org/10.1080/17470919.2015.1072582>
- Brühl, A. B., Delsignore, A., Komossa, K., & Weidt, S. (2014). Neuroimaging in social anxiety disorder—A meta-analytic review resulting in a new neurofunctional model. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 47*, 260-280. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.08.003>
- Brühl, A. B., Rufers, M., Delsignore, A., Kaffenberger, T., Jäncke, L., & Herwig, U. (2011). Neural correlates of altered general emotion processing in social anxiety disorder. *Brain Research, 1378*, 72-83. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.12.084>
- Cavanna, A. E., & Trimble, M. R. (2006). The precuneus: A review of its functional anatomy and behavioural correlates. *Brain, 129*(3), 564-583. <https://doi.org/10.1093/brain/awl004>
- Davey, C. G., Pujol, J., & Harrison, B. J. (2016). Mapping the self in the brain's default mode network. *NeuroImage, 132*, 390-397. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.02.022>
- Davies, G., & Piovesana, A. (2015). Adult Verbal Abstract Reasoning Assessment Instruments and their Clinimetric Properties. *The Clinical Neuropsychologist, 29*(7), 1010-1033. <https://doi.org/10.1080/13854046.2015.1119889>
- de Caso, I., Poerio, G., Jefferies, E., & Smallwood, J. (2017). That's me in the spotlight: Neural basis of individual differences in self-consciousness. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 12*(9), 1384-1393. <https://doi.org/10.1093/scan/nsx076>

- Delamillieure, P., Doucet, G., Mazoyer, B., Turbelin, M.-R., Delcroix, N., Mellet, E., Zago, L., Crivello, F., Petit, L., Tzourio-Mazoyer, N., & Joliot, M. (2010). The resting state questionnaire: An introspective questionnaire for evaluation of inner experience during the conscious resting state. *Brain Research Bulletin*, *81*(6), 565-573. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2009.11.014>
- Duan, W., Chen, X., Wang, Y.-J., Zhao, W., Yuan, H., & Lei, X. (2021). Reproducibility of power spectrum, functional connectivity and network construction in resting-state EEG. *Journal of Neuroscience Methods*, *348*, 108985. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2020.108985>
- Fernandino, L., & Binder, J. R. (2024). How does the “default mode” network contribute to semantic cognition? *Brain and Language*, *252*, 105405. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2024.105405>
- Frewen, P., Schroeter, M. L., Riva, G., Cipresso, P., Fairfield, B., Padulo, C., Kemp, A. H., Palaniyappan, L., Owolabi, M., Kusi-Mensah, K., Polyakova, M., Fehertoi, N., D’Andrea, W., Lowe, L., & Northoff, G. (2020). Neuroimaging the consciousness of self: Review, and conceptual-methodological framework. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *112*, 164-212. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.01.023>
- Huang, Z., Obara, N., Davis, H. (Hap), Pokorny, J., & Northoff, G. (2016). The temporal structure of resting-state brain activity in the medial prefrontal cortex predicts self-consciousness. *Neuropsychologia*, *82*, 161-170. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.01.025>
- Jitsuishi, T., & Yamaguchi, A. (2021). Posterior Precuneus is Highly Connected to Medial Temporal Lobe Revealed by Tractography and White Matter Dissection. *Neuroscience*, *466*, 173-185. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2021.05.009>
- Kampe, K. K. W., Frith, C. D., & Frith, U. (2003). “Hey John”: Signals Conveying Communicative Intention toward the Self Activate Brain Regions Associated with “Mentalizing,” Regardless of Modality. *The Journal of Neuroscience*, *23*(12), 5258-5263. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.23-12-05258.2003>
- Kjaer, T. W., Nowak, M., & Lou, H. C. (2002). Reflective Self-Awareness and Conscious States: PET Evidence for a Common Midline Parietofrontal Core. *NeuroImage*, *17*(2), 1080-1086. <https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1230>
- Klein, S. B. (2012). Self, Memory, and the Self-Reference Effect: An Examination of Conceptual and Methodological Issues. *Personality and Social Psychology Review*, *16*(3), 283-300. <https://doi.org/10.1177/1088868311434214>
- Knyazev, G. G. (2013). EEG Correlates of Self-Referential Processing. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*, 264. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00264>

- Knyazev, G. G., Savostyanov, A. N., & Levin, E. A. (2004). Alpha oscillations as a correlate of trait anxiety. *International Journal of Psychophysiology*, *53*(2), 147-160.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2004.03.001>
- Leech, R., & Sharp, D. J. (2014). The role of the posterior cingulate cortex in cognition and disease. *Brain*, *137*(1), 12-32. <https://doi.org/10.1093/brain/awt162>
- Mars, R. B., Neubert, F.-X., Noonan, M. P., Sallet, J., Toni, I., & Rushworth, M. F. S. (2012). On the relationship between the “default mode network” and the “social brain”. *Frontiers in Human Neuroscience*, *6*, 189. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00189>
- Meyer, M. L., Spunt, R. P., Berkman, E. T., Taylor, S. E., & Lieberman, M. D. (2012). Evidence for social working memory from a parametric functional MRI study. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *109*(6), 1883-1888. <https://doi.org/10.1073/pnas.1121077109>
- Molenberghs, P., Johnson, H., Henry, J. D., & Mattingley, J. B. (2016). Understanding the minds of others: A neuroimaging meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *65*, 276-291.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.03.020>
- Morales, S., & Bowers, M. E. (2022). Time-frequency analysis methods and their application in developmental EEG data. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *54*, 101067.
<https://doi.org/10.1016/j.dcn.2022.101067>
- Northoff, G. (2016). Is the self a higher-order or fundamental function of the brain? The “basis model of self-specificity” and its encoding by the brain’s spontaneous activity. *Cognitive Neuroscience*, *7*(1-4), 203-222. <https://doi.org/10.1080/17588928.2015.1111868>
- Qin, P., & Northoff, G. (2011). How is our self related to midline regions and the default-mode network? *NeuroImage*, *57*(3), 1221-1233. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.05.028>
- Qin, P., Wang, M., & Northoff, G. (2020). Linking bodily, environmental and mental states in the self—A three-level model based on a meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *115*, 77-95.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.05.004>
- Raichle, M. E. (2015). The Brain’s Default Mode Network. *Annual Review of Neuroscience*, *38*(Volume 38, 2015), 433-447. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-071013-014030>
- Ramos, Sergio. (2024). *Efectos Psicológicos, Correlato Neural, Potencial Terapéutico y Teoría Integrada*.
- Sanz-Morales, E., & Melero, H. (2024). Advances in the fMRI analysis of the default mode network: A review. *Brain Structure and Function*, *230*(1), 22. <https://doi.org/10.1007/s00429-024-02888-z>

- Scheeringa, R., Petersson, K. M., Kleinschmidt, A., Jensen, O., & Bastiaansen, M. C. M. (2012). EEG Alpha Power Modulation of fMRI Resting-State Connectivity. *Brain Connectivity, 2*(5), 254-264. <https://doi.org/10.1089/brain.2012.0088>
- Scheier, M. F., & Carver, C. S. (1985). The Self-Consciousness Scale: A Revised Version for Use with General Populations. *Journal of Applied Social Psychology, 15*(8), 687-699. <https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.1985.tb02268.x>
- Schilbach, L., Eickhoff, S. B., Rotarska-Jagiela, A., Fink, G. R., & Vogeley, K. (2008). Minds at rest? Social cognition as the default mode of cognizing and its putative relationship to the “default system” of the brain. *Consciousness and Cognition, 17*(2), 457-467. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2008.03.013>
- Schilbach, L., Wohlschlaeger, A. M., Kraemer, N. C., Newen, A., Shah, N. J., Fink, G. R., & Vogeley, K. (2006). Being with virtual others: Neural correlates of social interaction. *Neuropsychologia, 44*(5), 718-730. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.07.017>
- Shao, X., Krieger-Redwood, K., Zhang, M., Hoffman, P., Lanzoni, L., Leech, R., Smallwood, J., & Jefferies, E. (2024). Distinctive and Complementary Roles of Default Mode Network Subsystems in Semantic Cognition. *The Journal of Neuroscience, 44*(20), e1907232024. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1907-23.2024>
- Wang, H., Mou, S., Pei, X., Zhang, X., Shen, S., Zhang, J., Shen, X., & Shen, Z. (2025). The power spectrum and functional connectivity characteristics of resting-state EEG in patients with generalized anxiety disorder. *Scientific Reports, 15*, 5991. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-90362-z>
- Wen, T., Mitchell, D. J., & Duncan, J. (2020). The Functional Convergence and Heterogeneity of Social, Episodic, and Self-Referential Thought in the Default Mode Network. *Cerebral Cortex (New York, NY), 30*(11), 5915-5929. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhaa166>
- Wolff, A., Di Giovanni, D. A., Gómez-Pilar, J., Nakao, T., Huang, Z., Longtin, A., & Northoff, G. (2018). The temporal signature of self: Temporal measures of resting-state EEG predict self-consciousness. *Human Brain Mapping, 40*(3), 789-803. <https://doi.org/10.1002/hbm.24412>

Anexo A. Explicación gráfica del modelo de tres niveles (Qin et al., 2020) o capas (Northoff, 2024) y su distribución anatómica (Qin et al., 2020).

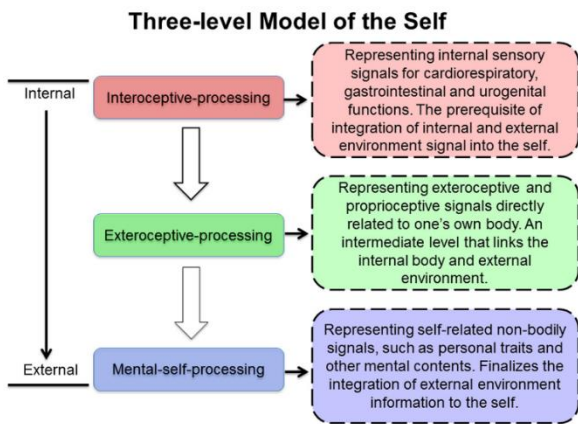


Imagen obtenida de Qin et al. (2020).

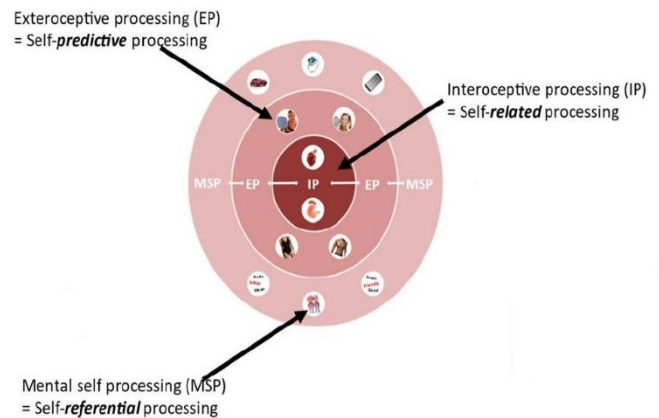


Imagen obtenida de Northoff (2024).

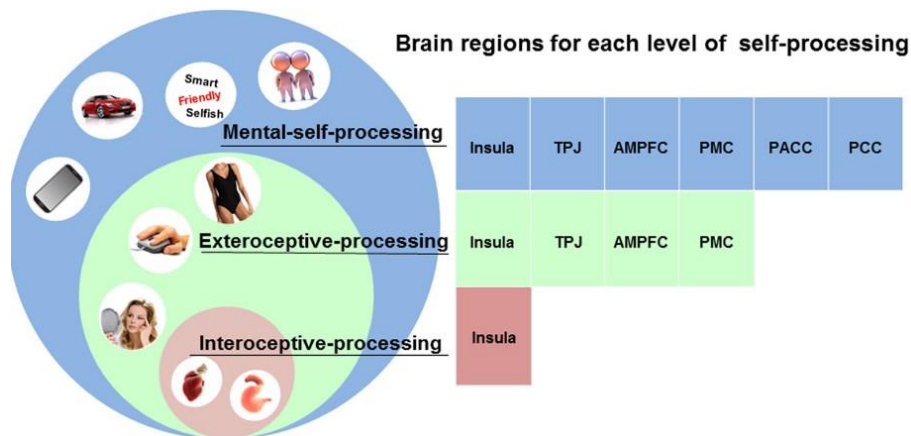


Imagen obtenida de Qin et al. (2020).

Abreviaturas – TPJ: unión temporoparietal; AMPFC: corteza prefrontal anteromedial; PMC: corteza premotora; PACC: corteza cingulada anterior pregenual; PCC: corteza cingulada posterior.

Como puede observarse, existe superposición de ciertas áreas, de forma que las regiones implicadas en el procesamiento de niveles inferiores están también presentes en el procesamiento de niveles superiores. De aquí, se deriva lo siguiente: el nivel de procesamiento mental recluta un mayor número de áreas cerebrales, presentando una mayor conectividad neuronal no solo a nivel intra-área sino, además, con el resto del cerebro. Esto implica un mayor impacto de esta capa en diferentes funciones cognitivas (Northoff, 2024).

Anexo B. Áreas anatómicas corticales implicadas en la DMN.

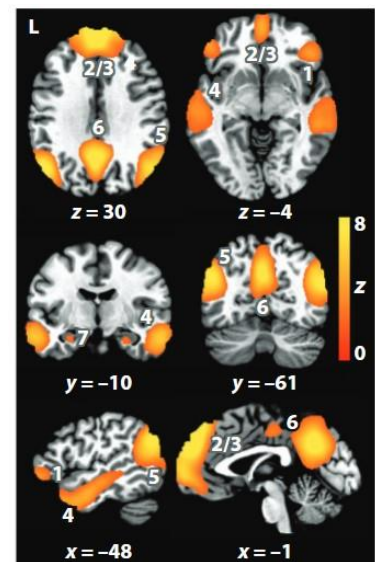
Áreas implicadas en la DMN	Subáreas	Fuente
Corteza prefrontal medial (mPFC)*	Corteza prefrontal ventromedial (vmPFC)	Sanz-Morales y Melero, 2024
	Corteza prefrontal dorsomedial (dmPFC)	Sanz-Morales y Melero, 2024
Corteza cingulada (CC)	Corteza cingulada anterior (aCC)	Qin y Northoff, 2011
	Corteza cingulada posterior (pCC)*	Sanz-Morales y Melero, 2024
Corteza parietal (PC) posterior/inferior/lateral	Unión temporoparietal (TPJ)	Qin y Northoff, 2011
	Giro angular (AG)*	Fernandino y Binder, 2024
	Precúneo	Sanz-Morales y Melero, 2024
Corteza temporal (TC)	Corteza temporal medial (mTC)	Jitsuishi y Yamaguchi, 2021
	Corteza temporal lateral (ITC)*	Raichle, 2015
Otras áreas	Ínsula	Northoff, 2024

Merece la pena apuntar que, más allá de los *hubs* centrales de la DMN y que mayor acuerdo han recibido, la multitud de áreas incluidas en esta red es diversa en los diferentes estudios consultados y, a veces, confusa, no solo a nivel terminológico, sino, especialmente, a nivel funcional, debido a la alta conectividad de esta red con otras zonas cerebrales no directamente implicadas en ella (Fernandino y Binder, 2024)

Entre otras, se han obviado las áreas subcorticales que la literatura considera como componentes de la DMN debido a que no son relevantes para el presente estudio. No obstante, sirva esta tabla como resumen de las principales áreas implicadas.

Asimismo, las áreas marcadas con * son las que se han tenido en cuenta para los análisis de neuroimagen de este estudio (ver apartado Metodología).

A la derecha, se presenta una imagen de la DMN, obtenida en Raichle (2015), según datos de dicho estudio: 1 = corteza orbitofrontal; 2/3 = corteza prefrontal medial/corteza cingulada anterior; 4 = corteza temporal lateral; 5 = lóbulo parietal inferior; 6 = corteza cingulada posterior; 7 = hipocampo/corteza parahipocampal.



Anexo C. Áreas de la DMN activas durante procesamiento autorreferencial vs. resting state vs. solapamiento entre ambas.

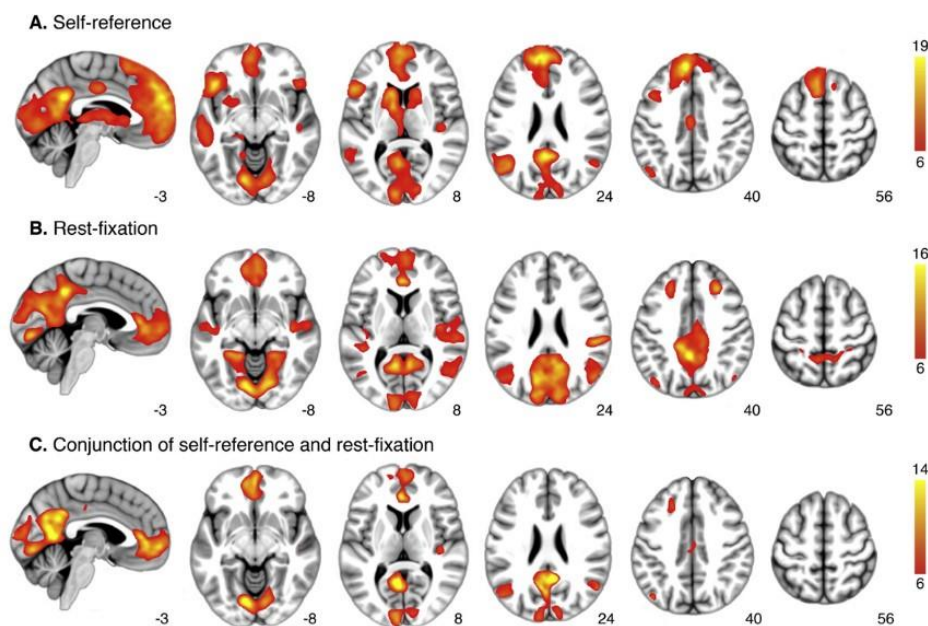


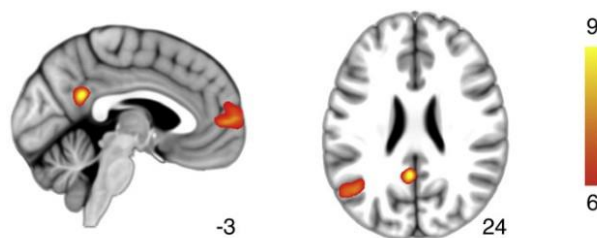
Imagen obtenida de Davey et al. (2016)

Como puede apreciarse, las áreas solapadas se corresponden con las principales zonas identificadas como DMN. En palabras de Davey et al. (2016, p. 393), se observa

activación solapada en una región de la mPFC, [situada] entre la mPFC ventral y dorsal [...]; actividades autorreferenciales activan la pCC [...], aunque, en general, no supera el elevado nivel de actividad [que se produce en esta] región en resting state [...]; la pCC muestra los niveles más altos de actividad metabólica y conectividad de todas las regiones cerebrales, por lo que se ha postulado como el nodo central de la DMN.

Otras áreas que muestran solapamiento serían la corteza cingulada anterior y media, el lóbulo parietal inferior, la corteza insular posterior dorsal y el precúneo (Davey et al., 2016). Además, los autores también muestran solapamiento en regiones del sistema visual primario.

Finalmente, Davey et al. (2016) llevan a cabo un análisis de conjunción para determinar qué regiones muestran una actividad significativa comparando la activación autorreferencial y en resting frente a una línea base (atención externa). Los resultados, como muestra la imagen de la derecha, obtenida en Davey et al. (2016), señalan tres regiones principales, las cuales forman parte del llamado *core-self*: mPFC, pPC e iPC izquierdo, siendo la pPC ventral la “directora de orquesta” de dicho core (Davey et al., 2016).



Anexo D. Comparativa DMN-redes implicadas en el procesamiento semántico, según la revisión de Fernandino y Binder (2024).

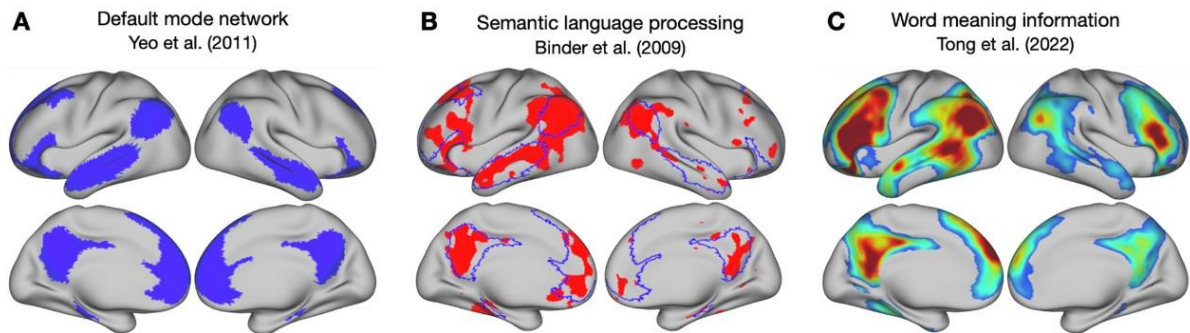


Imagen obtenida de Fernandino y Binder (2024).

La imagen muestra el grado de solapamiento que puede encontrarse en: a) la actividad de la DMN en resting state; b) la actividad cortical durante el procesamiento semántico del lenguaje; y c) la activación cortical durante el procesamiento semántico de palabras aisladas (Fernandino y Binder, 2024).

Anexo E. Gráficas de dispersión de los análisis de FFT con resultado significativo. Datos sacados de SPSS y gráficas obtenidas con ChatGPT.

