

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID  
FACULTAD DE MEDICINA**



**TESIS DOCTORAL**

**Afantasía, un fenómeno clínico y biológico**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR**

**PRESENTADA POR**

**Mariano Furman**

**DIRIGIDA POR**

**Tomás Ortiz Alonso**

Madrid

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE MEDICINA**



**TESIS DOCTORAL**

Afantasía, un fenómeno clínico y biológico

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

MARIANO FURMAN

DIRECTOR

TOMÁS ORTIZ ALONSO

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE MEDICINA**



**TESIS DOCTORAL**

Afantasía, un fenómeno clínico y biológico

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

MARIANO FURMAN

DIRECTOR

TOMÁS ORTIZ ALONSO

DOCTORADO EN INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS MÉDICO-QUIRÚRGICAS

## **Agradecimientos:**

A mi familia, Mila y Jérica que siempre me apoyaron en todos mis proyectos y supieron comprender el tiempo que una pasión toma.

A mis padres, Mario y Nelly, por creer en mí y enseñarme a perseguir mis propias metas con confianza.

A mi hermano Julián, quien ha sido una importante influencia para encontrar en la psiquiatría un encuentro con lo humano.

A Gustavo Tafet, que ha sido un gran mentor en la psiquiatría biológica, y en su ejemplo he podido encontrar la pasión por lo que uno estudia y hace.

A Tomás Ortiz que ha sido una inspiración y me ha iluminado el camino de la investigación. Me ha mostrado la forma en que uno puede ver el mundo si se anima a pensar.

A Pablo por creer en mí para ayudarlo a comprender por qué no veía imágenes en su mente.

A Cecilia que ha sido un gran apoyo y le ha dado luz a los números y la estadística.

A Martín por ser una fuente de inspiración, su energía me ha permitido hacer mucho más de lo que me hubiera animado.

## Índice de Contenidos:

Agradecimientos: .....	4
Índice de Contenidos: .....	5
Índice de Figuras: .....	7
Índice de Tablas: .....	10
Resumen.....	11
Abstract .....	16
Prólogo: .....	21
Introducción: .....	22
<b>La phantasia:</b> .....	22
<b>¿Qué es la Afantasia?:</b> .....	23
<b>¿Qué tipos de Afantasia existen?</b> .....	25
<i>En relación con el inicio de la afantasia:</i> .....	25
<i>En relación con las dimensiones voluntaria e involuntaria de las imágenes mentales</i> .....	25
<i>En relación con su causalidad u origen etiológico:</i> .....	27
<i>En relación con la modalidad sensorial:</i> .....	28
<i>En relación con la viveza de las imágenes mentales:</i> .....	29
<b>¿Qué son las imágenes mentales?</b> .....	30
<b>Propiedades de las imágenes mentales:</b> .....	32
<b>Epidemiología:</b> .....	35
<b>Comorbilidades:</b> .....	36
<i>Memoria Autobiográfica:</i> .....	36
<i>Prosopagnosia:</i> .....	36
<i>Autismo:</i> .....	37
<i>Respuesta emocional</i> .....	37
<i>Sinestesia</i> .....	38
<b>Justificación: ¿Por qué investigar este tema?</b> .....	39
Estado del Arte: .....	41
<b>Contexto:</b> .....	41
<b>La Psicología de las imágenes mentales:</b> .....	54
<b>La Neurobiología de las imágenes mentales:</b> .....	62
Resumiendo: .....	87
Objetivos: .....	88

Objetivo General:.....	88
Objetivos específicos: .....	88
<b>Hipótesis:</b> .....	89
<b>Materiales y métodos</b> .....	90
<i>Muestra</i> .....	90
<i>Procedimiento</i> .....	93
<i>Evaluación Neuropsicológica:</i> .....	93
<i>Análisis Estadístico de las Pruebas Neuropsicológicas</i> .....	96
<i>Evaluación Neurofisiológica:</i> .....	97
<i>Equipo utilizado</i> .....	97
<i>Análisis de localización de fuentes cerebrales</i> .....	99
<i>Análisis estadísticos la latencia de las ondas</i> .....	99
<b>Resultados:</b> .....	100
<b>Discusión:</b> .....	116
<b>Resumen de hallazgos:</b> .....	116
<b>1.- Potenciales evocados</b> .....	118
<b>2.- Neuropsicología</b> .....	126
<b>Conclusiones</b> .....	137
<b>Bibliografía:</b> .....	139

## Índice de Figuras:

<b>Figura 1:</b> Ilustración descriptiva de la clasificación propuesta por Watkins de los síndromes afantásicos (Palombo et al., 2015; Watkins, 2018). .....	26
<b>Figura 2:</b> Viveza de las imágenes mentales (Diez, 2006, 2012). .....	32
<b>Figura 3:</b> Versión Española de la prueba de Gordon de control de imágenes visuales (Diez, 2006, 2012). .....	34
<b>Figura 4:</b> Presencia de la palabra Aphantasia en la base de datos Google Ngram al (Aphantasia on Google Ngram, n.d.). .....	41
<b>Figura 5:</b> Visualización de las 10 áreas de investigación con mayor número de publicaciones sobre Aphantasia (Aphantasia - Search Results - WOS, 2023). .....	44
<b>Figura 6:</b> Distribución topográfica de la positividad asociada con la generación de imágenes en el experimento 1 a 714 ms, obtenida restando el ERP de referencia de palabras abstractas del ERP de imágenes de palabras concretas (Farah et al., 1989).....	66
<b>Figura 7:</b> Ejemplo de “Low resolution brain electromagnetic tomography (LORETA)”, Imágenes que representan la fuerza de densidad de corriente estimada correspondiente a la respuesta P100 a la estimulación del tablero de ajedrez de la hemiretina izquierda (Pascual-Marqui et al., 1994). .....	67
<b>Figura 8:</b> Representación gráfica de la tarea realizada en el trabajo titulado “The Role of Area 17 in Visual Imagery: Convergent Evidence from PET and rTMS” (Kosslyn et al., 1999), reproducida en el artículo de revisión titulado “Neural foundations of Imagery” (Kosslyn et al., 2001).....	68
<b>Figura 9:</b> Representación gráfica de los diagramas de flujo de la información durante la percepción visual y la generación de imágenes mentales, propuesta por Mechelli et all (Mechelli et al., 2004b)..	70
<b>Figura 10:</b> El análisis de mapeo estadístico paramétrico identificó dos redes corticales que se activaban durante la percepción visual y las imágenes visuales, respectivamente. La corteza occipital inferior, la corteza parietal superior y varias regiones de la corteza occipital y temporal mostraron una mayor activación durante la percepción visual en relación con el control de la percepción ( $P < 0,001$ , sin corregir) (Figura 10.a); El precuneus, la corteza parietal superior, la corteza prefrontal y una serie de regiones en la corteza occipito-temporal mostraron una mayor activación durante las imágenes visuales en relación con el control de las imágenes ( $P < 0,001$ , sin corregir) (Figura 10.B) (Mechelli et al., 2004). .....	70
<b>Figura 11:</b> Regiones del cerebro implicadas en el procesamiento visual de la WM. (a) Se han observado correlatos neuronales del mantenimiento de la WM visual en las áreas corticales temporales inferior (roja) y medial (amarilla). Además, resultados recientes sugieren que el hipocampo (azul) contribuye al mantenimiento de objetos visuales novedosos. Dentro de la PFC lateral, la evidencia sugiere una distinción relativa entre las regiones dorsal y/o anterior (BA 9, 10 y 46; púrpura) y las regiones ventral y/o posterior (BA 6/8, 44, 45 y 47; verde). (b) Las conexiones neuroanatómicas entre estas regiones,	

junto con los resultados revisados aquí, sugieren que las representaciones de objetos visuales temporales inferiores pueden reactivarse a través de la retroalimentación del PFC y/o los lóbulos temporales mediales. *Current Opinion in Neurobiology* 2005,15:175–182 (Ranganath & D’Esposito, 2005) .....71

**Figura 12:** Efectos de adaptación de N170 perceptual (izquierda) e imaginaria (derecha) en caras de prueba. Los datos son para caras de prueba (F) precedidas por adaptadores de cara o de objeto de control (percibidos o visualizados), lo que da como resultado pruebas  $f - F$  (línea discontinua) y  $o - F$  (línea continua), respectivamente. Resultados de ERP promedio general entre  $-100$  y  $200$  ms en el sitio occipitotemporal derecho indicado en el encabezado esquemático. Los datos están referenciados al promedio de todos los sitios y se traza el voltaje negativo. Los adaptadores faciales suprimen el N170, mientras que los adaptadores de imágenes lo mejoran (en relación con los adaptadores de objetos) (Ganis & Schendan, 2008, 2011).....72

**Figura 13:** Influencias en la conectividad efectiva. Las conexiones con líneas continuas tenían una probabilidad posterior ( $P_p$ ) de al menos 0,95. Los números indican la fuerza del acoplamiento dirigido (en Hz), con un signo menos que indica influencias inhibitorias. La anchura de las flechas es proporcional a la fuerza del acoplamiento. (a) Localización de las diferentes ROI de un sujeto. (b) Parámetros de la matriz A que refleja la conectividad durante la línea de base, es decir, en ausencia de influencias experimentales. (c) El efecto de la percepción. (d) El efecto de las imágenes. (e) El efecto de la intensidad (Dijkstra et al., 2017).....77

**Figura 14:** Un modelo general de arriba hacia abajo de las imágenes mentales voluntarias: una jerarquía inversa. 1: Áreas de la corteza Frontal; 2 Áreas de la corteza Temporal; 3 Áreas de las cortezas Occipital y Parietal (Pearson, 2019).....79

**Figura 15:** Representación gráfica que muestra las dos corrientes: La percepción de abajo hacia arriba e imágenes voluntarias de arriba hacia abajo. Las imágenes voluntarias y la percepción tienen una mayor superposición en áreas de alto nivel (azul oscuro) que en áreas de nivel inferior (azul claro). Esta representación gráfica podría no sostenerse para imágenes involuntarias (Pearson, 2019). .....82

**Figura 16:** Mecanismos neuronales compartidos entre la percepción visual y las imágenes mentales voluntarias (Dijkstra et al., 2019). .....85

**Figura 17:** Conectividad efectiva durante la percepción visual y las imágenes mentales voluntarias (Dijkstra et al., 2019).....86

**Figura 18:** El presente gráfico tipo Box Plot representa las puntuaciones de Casos y Controles en el VVIQ-VR. ....92

**Figura 19:** Representación gráfica de los potenciales evocados (N170, P200 y N250) generados durante las tareas de percepción visual y de evocación de imágenes mentales visuales (Evocación Visual)(Furman et al., 2024b).....98

**Figura 20:** Representación gráfica de la localización de fuentes cerebrales mediante el análisis LORETA durante la **Tarea de Percepción Visual**. El color rojo indica la mayor actividad,

estadísticamente significativa (0.01). El significado de las siglas en las imágenes es: anterior (A), posterior (P), izquierda (I), derecha (D) (Furman et al., 2024b). .....105

**Figura 21:** Representación gráfica de la localización de fuentes cerebrales mediante el análisis LORETA durante la **Tarea de Evocación de Imágenes Mentales Visuales (Imaginación Visual)**. El color rojo indica la mayor actividad, estadísticamente significativa (0.01). El significado de las siglas en las imágenes es: anterior (A), posterior (P), izquierda (I), derecha (D) (Furman et al., 2024b).....105

**Figura 22:** En este gráfico muestran los rangos de la variable Screening (que representa la prueba FAST) (Furman et al., 2024a).....109

**Figura 23:** En este gráfico se muestran los rangos de la variable VVIQ-RV (Furman et al., 2024a). .....110

**Figura 24:** En este gráfico se muestran los rangos de la variable Betts (Furman et al., 2024a).....111

**Figura 25:** En este gráfico se muestran los rangos de la variable Prueba de Gordon (Furman et al., 2024a). .....111

**Figura 26:** El siguiente gráfico muestra los resultados de las puntuaciones de las 4 pruebas como tasas porcentuales para cada participante, donde 100% es la puntuación máxima para cada prueba. Tener en cuenta que la prueba de Betts tiene una escala de Likert invertida en comparación con las otras pruebas (Campos & Pérez-Fabello, 2005; Diez, 2006; Furman et al., 2024a; Pérez-Fabello & Campos, 2004). .....113

## Índice de Tablas:

<b>Tabla 1:</b> Resultados de búsqueda en la base de datos de PubMed y Web of Science (WOS) del término: “Aphantasia”. Sin resultados previos a 2015. (Aphantasia - Search Results - PubMed, n.d.).	42
<b>Tabla 2:</b> Registro de publicaciones por área de investigación (Aphantasia - Search Results - WOS, 2023).	43
<b>Tabla 3: Localización de Fuentes GRUPO CONTROL</b> , durante las tareas de Percepción Visual y Evocación de Imágenes Mentales Visuales (Imaginación Visual). La presente tabla, resume las diferencias significativas en las áreas de proyección de intensidad máxima para los ERPs durante las tareas de percepción e imaginación, basado en una prueba T2 de Hotelling voxel por voxel frente al tiempo cero. AAL = Etiquetado Anatómico Automatizado. X, Y, Z = Coordenadas del MNI en tres ejes espaciales. $P < 0.01$ (Furman et al., 2024b).	103
<b>Tabla 4: Localización de Fuentes GRUPO AFANTÁSICO</b> , durante las tareas de Percepción Visual y Evocación de Imágenes Mentales Visuales (Imaginación Visual). La presente tabla, resume las diferencias significativas en las áreas de proyección de intensidad máxima para los ERPs durante las tareas de percepción e imaginación, basado en una prueba T2 de Hotelling voxel por voxel frente al tiempo cero. AAL = Etiquetado Anatómico Automatizado. X, Y, Z = Coordenadas del MNI en tres ejes espaciales. $P < 0.01$ (Furman et al., 2024b).	104
<b>Tabla 5: Latencias de potenciales evocados N170 P200 N250:</b> Esta tabla muestra las latencias de los potenciales evocados analizados durante las tareas de percepción visual y de evocación de imágenes mentales visuales (Imaginación Visual)(Furman et al., 2024b).	108
<b>Tabla 6:</b> Tabla con promedios y desvíos estándares de los puntuaciones de cada grupo en cada una de las pruebas FAST, VVIQ-RV, GORDON, BETTS (Furman et al., 2024a).	112
<b>Tabla 7:</b> Coeficientes de correlación de Kendall para evaluar la concordancia entre las cuatro pruebas en conjunto: FAST, VVIQ-RV, GORDON y BETTS (Furman et al., 2024a).	112
<b>Tabla 8:</b> Coeficiente de Concordancia de Kendall para evaluar la concordancia entre las modalidades de imágenes mentales evaluadas por la prueba de Betts: Visual, Auditiva, Táctil, Cinestésica, Gustativa, Olfativa y Sensaciones Orgánicas (Furman et al., 2024a).	114

## Resumen

*Introducción:* Aristóteles utilizaba el término “fantasma” para describir las imágenes mentales, y “fantasía” para describir la facultad por la cual un fantasma se nos representa en la mente. El término “afantasia” fue acuñado por Zeman (2015) para describir la experiencia de las personas que no pueden evocar voluntariamente imágenes mentales visuales. Alrededor del 2 al 5% de la población general es afantásica. La neurobiología de las imágenes mentales y la afantasia aún no ha sido totalmente comprendida, y el estudio de este fenómeno podría ser una oportunidad para comprender la neurobiología de ambas.

En una publicación de 2022, analizamos el caso de un sujeto con afantasia congénita utilizando un encefalograma (EEG) de 64 canales para registrar potenciales relacionados con eventos (ERPs) durante los primeros 300 ms tras la realización de tareas de percepción y de evocación de la misma imagen. Cuando el sujeto evocaba la misma imagen mental que había visto antes, no había participación de las áreas visuales posteriores ni de las áreas parietales anteriores izquierdas, sólo actividad frontotemporal con lateralización izquierda (Furman et al., 2022). Por lo tanto, diseñamos un estudio de casos y controles para poner a prueba estos hallazgos y profundizar nuestro entendimiento sobre la neurofisiología y la neuropsicología de las imágenes mentales y la percepción en un grupo de sujetos con afantasia y en un grupo control de sujetos sin afantasia.

*Objetivo General:* Determinar y analizar las diferencias, entre un grupo de sujetos con afantasia y un grupo control, en capacidades de evocación de imágenes mentales y en

el procesamiento neurofisiológico de la información al realizar una tarea visual y una tarea de evocación de imágenes mentales visuales.

*Objetivos específicos:* 1) Determinar y analizar las áreas determinadas por la localización de fuentes cerebrales más significativas en cada grupo, al realizar las tareas de percepción visual y de evocación de imágenes mentales visuales. 2) Determinar y analizar la lateralización del procesamiento cerebral de la información durante las tareas de percepción visual y de evocación de imágenes mentales visuales. 3) Determinar y analizar las latencias de los potenciales evocados, N170-P200-N250, obtenidos en cada grupo al realizar las tareas de percepción visual y de evocación de imágenes mentales visuales. 4) Describir y comparar los resultados de cada grupo en cada una de las pruebas neuropsicológicas. 5) Determinar y analizar si el comportamiento de las dimensiones voluntaria e involuntaria de las imágenes mentales visuales tiene diferencias significativas.

*Hipótesis:* 1) Los afantásicos obtendrán una actividad significativamente mayor que el grupo control en las áreas temporales y significativamente menor en las áreas occipitales. 2) Los afantásicos lateralizarán el procesamiento cerebral de la información hacia áreas temporales izquierdas. 3) Los sujetos afantásicos obtendrán una menor latencia que el grupo control, en los potenciales evocados, N170-P200-N250, debido a una menor cantidad de estímulos procesado. 4) Los sujetos afantásicos obtendrán diferencias significativas en las pruebas neuropsicológicas relacionadas con la viveza y la controlabilidad de las imágenes mentales con el grupo control 5) Los sujetos afantásicos no obtendrán diferencias significativas en la dimensiones voluntaria e involuntaria de las imágenes mentales visuales.

*Métodos:* Se reclutaron 29 participantes, que completaron los siguientes cuestionarios: la versión española del Cuestionario de Viveza de Imágenes Visuales - Versión Revisada (VVIQ-VR) (Diez, 2006; Marks, 1995), la versión española del Cuestionario de Betts sobre imágenes mentales (Betts, 1909; Campos & Pérez-Fabello, 2005; Sheehan, 1967), la Prueba de Gordon sobre control de las imágenes mentales y la versión española de la Prueba de Cribado Rápido de Afantasia – Versión Extendida (PCRA-VE, en inglés FASTx, Fast Aphantasia Screening Test – Extended Versión) un test de cribado desarrollado para el presente estudio. Además, los participantes fueron entrevistados por un neuropsiquiatra para excluir a los sujetos con antecedentes neurológicos o psiquiátricos. Trece sujetos con afantasia congénita y dieciséis controles fueron estudiados utilizando un EEG de 64 canales para registrar potenciales relacionados con eventos (ERPs) durante tareas de percepción e imaginación utilizando la imagen de un objeto (un árbol). Se analizaron los ERPs N170, P200 y N250.

*Resultados:* En relación con las pruebas neurofisiológicas, al analizar los ERPs durante la tarea visual, los afantásicos sustituyeron la actividad de las áreas visuales posteriores bilaterales (cuneus, calcarine y precuneus) presente en el P200 ERP en los controles por actividad en el córtex temporal e insular izquierdo. Durante la tarea de imaginación, los afantásicos sólo muestran actividad frontotemporal, mientras que la actividad del grupo control va de frontotemporal (N170) de vuelta a áreas visuales tempranas posteriores (calcarina-cuneus-precuneus) (P200), para finalmente mantener actividad cortical anterior y posterior (N250). Además, el grupo afantásico mostró una mayor tendencia a la lateralización que el grupo control. Y finalmente, en la tarea visual, los afantásicos mostraron una latencia significativamente más corta (N170-P200-N250). En relación con las pruebas neuropsicológicas, al analizar las puntuaciones obtenidas por cada uno de los individuos y cada grupo por separado, hemos encontrado que hay diferencias

significativas en el valor promedio de respuestas del grupo afantásico y del grupo control en las pruebas FAST (valor de  $p < 0,0001$ ), VVIQ-RV (valor de  $p < 0,0001$ ), en la prueba de Betts (valor de  $p < 0,0001$ ) y en la prueba de Gordon (valor de  $p < 0,0001$ ). Además, las siete modalidades sensoriales evaluadas en la prueba de Betts (Visual, Auditiva, Táctil, Cinestésica, Gustativa, Olfativa y Orgánicas), todas las modalidades están relacionadas entre sí, siendo gustativa - olfativa y táctil - gustativa las que presentan mayor correlación (0,81 y 0,80 respectivamente). Al analizar las puntuaciones de los sujetos en las dimensión voluntaria e involuntaria de la prueba FASTx, la hipótesis de igualdad entre ambas no ha sido rechazada ( $p\text{-valor}=0.7088$ ), por lo tanto, las respuestas voluntarias e involuntarias miden el mismo efecto cuando se suman ambas respuestas de la dimensión involuntaria. Sin embargo, cuando se analizaron ambas preguntas de la dimensión involuntaria por separado, no hay diferencias entre ambos grupos en las respuestas relativas a soñar con imágenes, es decir, casos y controles pueden soñar con imágenes (valor de  $p = 0,06$ ); pero sí hay diferencias entre ambos grupos en las respuestas de visualización espontánea, es decir, la mayoría de los sujetos afantásicos no tienen imágenes espontáneas mientras están despiertos (valor de  $p = 0,001$ ).

*Conclusiones:* En relación con nuestra primera hipótesis en la que queríamos comprobar si los afantásicos obtendrían una actividad significativamente mayor que el grupo control en las áreas temporales y significativamente menor en las áreas occipitales. Hemos encontrado que los afantásicos manifiestan una mayor actividad en áreas frontotemporales mientras que los controles en áreas occipitales. En relación con nuestra segunda hipótesis, en la que queríamos comprobar si los afantásicos lateralizarían el procesamiento cerebral de la información hacia áreas temporales izquierdas. Hemos comprobado que efectivamente existe una lateralización hacia el

hemisferio izquierdo en los sujetos afantásicos, durante la tarea de evocación (N170-P200-N250) y durante la durante tarea de percepción (P200) (probablemente debido a una codificación prioritariamente semántica/simbólica). Además, se ha encontrado cierta lateralización hacia la derecha durante la tarea de percepción (N170 - N250). En relación con nuestra tercera hipótesis, en la que queríamos comprobar si los sujetos afantásicos obtendrían una menor latencia que el grupo control, en los potenciales evocados N170-P200-N250, debido a una menor cantidad de estímulos procesados. Hemos comprobado que el grupo de afantásicos manifiesta una latencia más corta en todos los potenciales solamente durante la percepción visual. Mientras durante la tarea de imaginación no aparecen diferencias significativas. En relación con nuestra cuarta hipótesis en la que queríamos comprobar si los sujetos afantásicos obtendrían diferencias significativas en las pruebas neuropsicológicas relacionadas con la viveza y la controlabilidad de las imágenes mentales con el grupo control. Hemos encontrado que las cuatro pruebas neuropsicológicas se obtienen resultados asociados con menor viveza y controlabilidad en los sujetos afantásicos. En relación con nuestra quinta hipótesis en la que queríamos comprobar que los sujetos afantásicos no obtendrían diferencias significativas en la dimensiones voluntaria e involuntaria de las imágenes mentales visuales. Hemos encontrado que la mayoría de los sujetos afantásicos tiene sueños con imágenes mentales sin diferencias estadísticamente significativas de los controles, mientras que si hay diferencias estadísticamente significativas con relación a su falta de capacidad de evocar imágenes mentales espontaneas.

## **Abstract**

*Introduction:* Aristotle used the term "phantasm" to describe mental images, and "phantasia" to describe the faculty by which a phantom is represented to us in our minds. The term "aphantasia" was coined by Zeman (2015) to describe the experience of people who cannot voluntarily evoke visual mental images. About 2-5% of the general population is aphantasic. The neurobiology of mental imagery and aphantasia has not yet been fully understood, and the study of this phenomenon could be an opportunity to understand the neurobiology of both.

In a 2022 publication, we analysed the case of a subject with congenital aphantasia using a 64-channel encephalogram (EEG) to record event-related potentials (ERPs) during the first 300 ms after performing perception and evocation tasks of the same image. When the subject evoked the same mental image as seen before, there was no involvement of posterior visual areas or left anterior parietal areas, only left-lateralised frontotemporal activity (Furman et al., 2022). We therefore designed a case-control study to test these findings and deepen our understanding of the neurophysiology and neuropsychology of mental imagery and perception in a group of subjects with aphantasia and a control group of subjects without aphantasia.

*General Objective:* To determine and analyse the differences, between a group of subjects with aphantasia and a control group, in mental imagery evocation abilities and in the neurophysiological processing of information when performing a visual task and a visual mental imagery evocation task.

*Specific objectives:* 1) To determine and analyse the areas determined by the location of the most significant brain activity sources in each group, when performing visual perception and visual mental imagery evocation tasks. 2) To determine and analyse the

lateralisation of brain information processing during visual perception and visual mental imagery evocation tasks. 3) To determine and analyse the latencies of the evoked potentials, N170-P200-N250, obtained in each group when performing the visual perception and visual mental imagery evocation tasks. 4) To describe and compare the results of each group in each of the neuropsychological tests. 5) To determine and analyse whether the behaviour of the voluntary and involuntary dimensions of visual mental imagery has significant differences.

*Hypotheses:* 1) The aphantasics will have significantly more activity than the control group in the temporal areas and significantly less in the occipital areas. 2) Aphantasics will lateralise brain processing of information to left temporal areas. 3) The subjects with aphantasia will obtain a shorter latency than the control group in the evoked potentials, N170-P200-N250, due to a lower amount of processed stimuli. 4) The subjects with aphantasia will obtain significant differences in the neuropsychological tests related to the vividness and controllability of the mental images with the control group. 5) The subjects with aphantasia will not obtain significant differences in the voluntary and involuntary dimensions of the visual mental images.

*Methods:* 29 participants were recruited and completed the following questionnaires: the Spanish version of the Visual Imagery Vividness Questionnaire - Revised Version (VVIQ-VR) (Diez, 2006; Marks, 1995), the Spanish version of the Betts Questionnaire on mental imagery (Betts, 1909; Campos & Pérez-Fabello, 2005; Sheehan, 1967), Gordon's Test of Mental Imagery Control and the Spanish version of the Fast Aphantasia Screening Test - Extended Version (FASTx) a screening test developed for the present study. In addition, participants were interviewed by a neuropsychiatrist to exclude subjects with neurological or psychiatric history. Thirteen subjects with congenital aphantasia and sixteen controls were studied using a 64-channel EEG to

record event-related potentials (ERPs) during perception and imagery tasks using the image of an object (a tree). ERPs N170, P200 and N250 were analysed.

*Results:* In relation to neurophysiological tests, when analysing ERPs during the visual task, the subjects with aphantasia replaced the activity of bilateral posterior visual areas (cuneus, calcarine and precuneus) present in the P200 ERP in controls by activity in the left temporal and insular cortex. During the imagery task, the subjects with aphantasia only showed frontotemporal activity, while the control group's activity goes from frontotemporal (N170) back to posterior visual areas (calcarine-cuneus-precuneus) (P200), to finally maintain anterior and posterior cortical activity (N250). In addition, the aphantasic group showed a greater tendency to lateralization than the control group. And finally, in the visual task, the aphantasic group showed a significantly shorter latency (N170-P200-N250). In relation to the neuropsychological tests, when analysing the scores obtained by each of the individuals and each group separately, we found that there are significant differences in the mean value of responses between the aphantasic group and the control group in the FASTx test ( $p$  value $<0.0001$ ), VVIQ-RV ( $p$  value $<0.0001$ ), in the Betts test ( $p$  value $<0.0001$ ) and in the Gordon test ( $p$  value $<0.0001$ ). Furthermore, the seven sensory modalities evaluated by the Betts Questionnaire (Visual, Auditory, Tactile, Kinaesthetic, Gustative, Olfactory and Organic), all modalities are related to each other, with gustatory - olfactory and tactile - gustatory showing the highest correlation (0.81 and 0.80 respectively). When analysing the subjects' scores in the voluntary and involuntary dimensions of the FASTx test, the hypothesis of equality between the two has not been rejected ( $p$ -value=0.7088), therefore, voluntary and involuntary responses measure the same effect when both responses of the involuntary dimension are added together. However, when both questions of the involuntary dimension were analysed separately, there was no

difference between both groups in the responses regarding to dreaming with images, i.e. cases and controls can dream with images (p-value=0.06); but there was a difference between both groups in the spontaneous visualisation responses, i.e. most of the aphantasic subjects do not have spontaneous images while awake (p-value=0.001).

*Conclusions:* In relation to our first hypothesis in which we wanted to test whether aphantasic group would obtain significantly greater activity than the control group in temporal areas and significantly less in occipital areas. We found that the aphantasic group did indeed show greater activity in frontotemporal areas than the controls and less activity in occipital areas than the control group. Regarding our second hypothesis, in which we wanted to test whether the aphantasic group would lateralise brain processing of information towards left temporal areas. We have found that there is indeed a lateralization towards the left hemisphere in the aphantasic group during the evocation task (N170-P200-N250) and during the perception task (P200) (probably due to a semantic/symbolic coding priority). In addition, some right lateralisation was found during the perception task (N170 - N250). Regarding our third hypothesis, in which we wanted to test whether the aphantasic group would obtain a shorter latency than the control group in the evoked potentials N170-P200-N250, due to a lower number of processed stimuli. We found that the aphantasic group showed a shorter latency in all potentials only during visual perception. During the imagination task there were no significant differences. Regarding the fourth hypothesis in which we wanted to check whether the aphantasic group would obtain significant differences in the neuropsychological tests related to the vividness and controllability of mental images with the control group. We found that all four neuropsychological tests were associated with lower vividness and controllability in the aphantasic group. Regarding the fifth hypothesis in which we wanted to verify that the aphantasic group would not obtain

significant differences in the voluntary and involuntary dimensions of visual mental imagery. We found that the majority of the aphantasic subjects had dreams with mental imagery without statistically significant differences from controls, while there are statistically significant differences in relation to their lack of ability to evoke spontaneous mental imagery.

## Prólogo:

La presente tesis está inspirada a partir de un caso. En una tarde de Julio del año 2017, nos juntamos a preparar una ponencia con un colega.

Mientras nos preparábamos para empezar a trabajar, cada uno ponía sobre la mesa los trabajos científicos que había traído para discutir, nos poníamos al día sobre que habíamos estado haciendo hasta este momento en nuestras carreras y en la vida personal de cada uno.

En algún punto de esa charla llegamos a un tipo de psicoterapia conocida como “Terapia de Desensibilización y Reprocesamiento mediante Movimientos Oculares” (en inglés, Eye Movement Desensitization and Reprocessing, EMDR) la cual requiere de la evocación de recuerdos principalmente en forma de imágenes mentales visuales. Lo cual funcionó como disparador de un comentario por parte de mi colega, que me generaría mucho interés: *“Hace tiempo que le vengo diciendo a mis terapeutas que yo no tengo la capacidad de evocar imágenes mentales. Nadie me cree. Me dicen que exagero o que debo tener algún tipo de bloqueo psicológico, o que reprimo recuerdos y esto me hace sentir muy frustrado”*. Este comentario quedó latente en mi memoria al punto de que lo primero que hice cuando volví fue hacer una búsqueda bibliográfica y proponerle estudiarlo. La búsqueda bibliográfica y los estudios realizados dieron puntapié a los trabajos realizados en esta tesis.

## **Introducción:**

### **La phantasía:**

Del lat. *phantasía*, y este del griego *φαντασία*, *phantasía* o *fantasía*, es el término utilizado para la imaginación, definido por Aristóteles como la "facultad/poder por el cual se nos presenta un fantasma [imagen o representación mental]" (Aristotle & D.W., 1968). Es la facultad que tiene el ánimo de reproducir por medio de imágenes las cosas pasadas o lejanas, de representar las ideales en forma sensible o de idealizar las reales. Es un grado superior de la imaginación; la imaginación en cuanto inventa o produce. (Fantasía | Definición | Diccionario de La Lengua Española | RAE - ASALE, n.d.).

## ¿Qué es la Afantasia?:

El término **afantasia** (*del inglés aphantasia*) fue acuñado en 2015 por el Dr. Adam Zeman y colaboradores para describir la experiencia de las personas que carecen de la capacidad de evocar voluntariamente imágenes mentales visuales usando el "ojo de la mente" (A. Zeman et al., 2015a). La afantasia, se ubica en el extremo negativo de las escalas de viveza de las imágenes mentales voluntarias, la ausencia (Betts, 1909; Marks, 1973b; A. Zeman et al., 2015b).

Otros términos han sido utilizados con anterioridad para intentar describir fenómenos similares, por ejemplo, el término "*revisualización defectuosa*" (Botez et al., 1985) o "*irreminiscencia visual*" (Fleming, 1948; Schweinberger et al., 2002; A. Zeman et al., 2015a).

Cabe resaltar, que el primer trabajo publicado en describir que había personas que carecían de esta capacidad debe atribuirse a los estudios de **Sir Francis Galton** (Galton, 1880). En 1880, Galton realizó un estudio conocido como "*The breakfast table survey*", un estudio cuantitativo sobre las imágenes mentales visuales, donde describe que algunos sujetos no tenían capacidad de evocar imágenes mentales visuales (en inglés, "no power of visualizing at all") (Galton, 1880).

Este hecho sería luego confirmado por James Betts, quien, en su tesis de doctorado en la Universidad de Columbia, estableció una escala Likert de 7 puntos para evaluar la viveza de las imágenes mentales (Betts, 1909).

Luego, el estudio de las imágenes mentales pasaría por un largo olvido en la literatura científica. La obsesión de los investigadores en psicología, en particular los conductistas, por la pureza metodológica y su rechazo a la introspección como método (Watson, 1913), así como la carencia de las modernas técnicas actuales de análisis

objetivo y positivista de la actividad cerebral vinculada a las imágenes mentales, mantuvo a los investigadores alejados de esta temática entre 1913 y 1960. Este abandono fue conmovido por el debate iniciado en 1960 sobre la naturaleza de las representaciones internas (mentales) como algo descriptivo de tipo pictográfico o como algo simbólico representativo, época marcada por el origen de las ciencias de la computación. Para luego enriquecerse, con los avances de la técnica en investigación en neurociencias (Bartolomeo, 2008; Ernest & Paivio, 1971; Ganis et al., 2004; Gur & Hilgard, 1975; Hebb, 1968; Holt, 1964; Kosslyn, 1994, 1996, 2005; Kosslyn & Ochsner, 1994; Marks, 1972, 1973a, 1995; Marks & Isaac, 1995; McKelvie & Demers, 1979; Paivio, 1969; Pearson & Kosslyn, 2015; Richardson, 1969, 1994; Shepard & Metzler, 1971; SM Kosslyn, 2003). Es en este contexto, que la afantasia sería nuevamente atendida y debidamente estudiada con la aparición de series de reportes de casos primero clínicos lesionales y luego congénitos hasta ser bautizada con su actual término en el 2015 (Bartolomeo, 2008; Betts, 1909; Dijkstra et al., 2019; Kosslyn, 1994, 2005; Pearson, 2019; Pearson & Kosslyn, 2015).

## ¿Qué tipos de Afantasia existen?

### *En relación con el inicio de la afantasia:*

Los sujetos pueden haber nacido afantásicos (**afantasia congénita**) o haber adquirido esta afección después de una lesión cerebral (**afantasia adquirida**) (Bartolomeo, 2008; A. Zeman et al., 2015a; A. Z. J. Zeman et al., 2010). La mayoría de los sujetos con afantasia congénita descubren su condición en su adolescencia o adultez temprana, al notar que sus conocidos utilizan expresiones que connotan visualización mental excediendo a lo metafórico, siendo esto ajeno a su posibilidad (A. Zeman et al., 2015a).

### *En relación con las dimensiones voluntaria e involuntaria de las imágenes mentales*

La definición original de Zeman de Afantasia denotaba la ausencia exclusiva de imágenes mentales voluntarias (A. Zeman et al., 2015a). Pero otros autores, proponen ampliar la definición a la ausencia de imágenes mentales tanto voluntarias como involuntarias (Watkins, 2018). Por lo tanto, las dificultades en la representación mental podrían ir desde una ausencia exclusiva de las imágenes mentales voluntarias (**“afantasia voluntaria” o “afantasia parcial” o “afantasia” propiamente dicha como proponía originalmente Zeman**) (Watkins, 2018), hasta la ausencia total de la capacidad de evocar o generar imágenes mentales tanto en forma voluntaria como involuntaria (**aphantasia completa**) (Watkins, 2018). Ambos autores, Zeman y Watkins, en distintos trabajos, plantean que la afantasia puede asociarse a otras condiciones como la prosopagnosia (incapacidad del reconocimiento visual de rostros) o a déficits en la memoria episódica (Watkins, 2018; A. Zeman et al., 2016). Uno de los trabajos propone a un cuadro de **Memoria Autobiográfica Severamente**

**Deficiente “MASD”** (en inglés “**Severely Deficient Autobiographical Memory, SDAM**”) como un paso posterior en la progresión de la afantasia completa, siendo esta un requisito previo. Dando lugar a una clasificación alternativa, donde en el extremo estaría el **MASD**, con déficit de memoria episódica/autobiográfica más ausencia de imágenes mentales tanto voluntarias como involuntarias, luego estaría la **afantasia completa** y por último la **afantasia voluntaria** (o parcial, la originalmente planteada por Zeman). Esta propuesta aún debe ser validada por la evidencia, siendo que el propio autor plantea que no hay publicadas a la fecha casos de MASD sin afantasia completa en la literatura científica, aunque admite que se ha comunicado con él un caso posible que será estudiado. (**ver figura 1**). (Palombo et al., 2015; Watkins, 2018; A. Zeman et al., 2015a).



**Figura 1:** Ilustración descriptiva de la clasificación propuesta por Watkins de los síndromes afantásicos (Palombo et al., 2015; Watkins, 2018).

*En relación con su causalidad u origen etiológico:*

La siguiente sistematización podría ser formulada siguiendo la literatura científica: la **afantasia orgánica**, debida a variantes congénitas (usualmente estable en el tiempo durante toda la vida), o debida a lesiones en la estructura o los circuitos del cerebro directamente relacionados con la imaginación (temporalmente dependiente de la lesión o la alteración de los circuitos) (Charcot & Bernard, 1883; A. Zeman et al., 2015b; A. Z. J. Zeman et al., 2010); la **afantasia funcional**, secundaria a los efectos fisiológicos de una condición primaria (temporalmente dependiente de la condición primaria), como podría ser el caso de algunos tipos de depresión, ansiedad, despersonalización y desrealización (Cotard, 1984; Zago et al., 2011); la **afantasia psicogénica**, donde podríamos ubicar a los trastornos de conversión, donde según la teoría psicoanalítica los conflictos inconscientes se ponen de manifiesto a través de un síntoma a modo de conversión (temporalmente dependiente de los factores estresores desencadenantes y de su resolución) (de Vito & Bartolomeo, 2016; A. Zeman et al., 2016). Y por último a la **afantasia facticia**, donde el sujeto fingiría el síntoma para conseguir un beneficio secundario en forma consciente (temporalmente dependiente de los objetivos/beneficios secundarios) (A. Zeman et al., 2016). En los últimos dos casos, tanto la afantasia psicogénica como la facticia, la fenomenología sería más fiel al saber cultural del sujeto sobre la patología que a la fisiología de la afantasia, y en última instancia ni los estudios neurofisiológicos, ni los de neuroimágenes serían capaces de encontrar alteraciones patológicas. Estas posturas han entrado hace tiempo en debate, desde el caso presentado por Charcot sobre Monsieur X en 1883, describiendo a prima facie, el primer caso lesional de una pérdida de la capacidad de evocar imágenes mentales; sin embargo, la presencia de síntomas similares en pacientes psiquiátricos

que emergieron posteriormente en la literatura científica abriría a debate la naturaleza etiológica de su condición, dando origen a un debate sobre un origen orgánico vs funcional (Charcot & Bernard, 1883; de Vito & Bartolomeo, 2016; Zago et al., 2011; A. Zeman et al., 2016).

También ha sido sugerido, que la afantasia podría ser una condición secundaria a un problema de metacognición pobre. Donde las personas podrían tener imágenes en su mente, pero no estarían conscientes de ello. Esta idea fue investigada utilizando técnicas de primado por rivalidad binocular (en inglés, “the binocular-rivalry technique”) y Resonancia Magnética Nuclear funcional (RMNf) para estudiar la actividad cerebral durante tareas de producción de imágenes mentales. Los hallazgos de este estudio muestran que los sujetos con afantasia no tenían efectos de primado por imágenes mentales, mientras los controles si lo tenían. Lo cual sugiere que la afantasia sería una condición que carece de imágenes mentales sensoriales (no solo de su carencia fenomenológica al ser entrevistados) y no sería por lo tanto un problema de metacognición pobre (R Keogh, 2017).

*En relación con la modalidad sensorial:*

El trabajo de Zeman donde se plantea el término afantasia, hace referencia originalmente a las imágenes mentales visuales, pero ya deja abierta la idea de la asociación con otras modalidades sensoriales como la auditiva (A. Zeman et al., 2015a). Mientras que en los trabajos publicados por Betts (Betts, 1909; Campos & Pérez-Fabello, 2005) ya planteaba que todas las modalidades sensoriales deberían ser estudiadas. De hecho, se ha encontrado una correlación positiva entre todas las modalidades, lo que sugiere un posible rasgo unificado, que también fue descrito por Zeman (Betts, 1909; Faw, 2009a; Richardson, 1994; A. Zeman et al., 2020).

*En relación con la viveza de las imágenes mentales:*

Algunos autores han propuesto que, si la ausencia de imágenes mentales voluntarias es la **afantasia**, la capacidad de evocación/producción voluntaria en el otro extremo, con imágenes muy vívidas casi realistas “como una foto”, podría ser nominada como **hiperfantasia** (Galton, 1880; Milton et al., 2021; Pearson, 2019; A. Zeman et al., 2020). La cual ha sido reportada como presente en 0-11% de la población, principalmente encontrada en niños (Gray & Gummerman, 1975; Pearson, 2019). Interesantemente ambos extremos fueron reportados por primera vez en forma en el mismo trabajo seminal de 1880 de Galton (Galton, 1880).

## ¿Qué son las imágenes mentales?

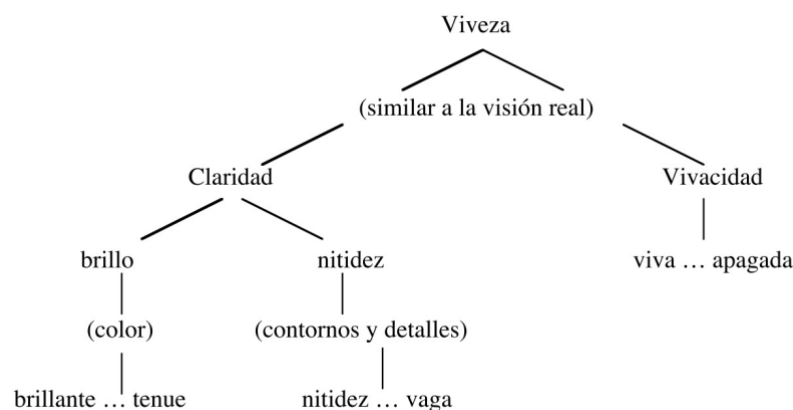
Las **imágenes mentales** se refieren a la experiencia de percepción sensorial en ausencia de entrada sensorial externa. Son el fenómeno mediante el cual se produce, accede, modifica o combina información alojada en la memoria creando la experiencia interoceptiva de ver con el ojo de la mente cuando nos referimos a la modalidad sensorial visual, o escuchar con el oído de la mente en la modalidad auditiva, pudiendo extender esto a cada modalidad sensorial (Ji et al., 2019; Kosslyn et al., 2001; Pearson, 2019). Sin embargo, siendo que los humanos somos criaturas predominantemente visuales, es comprensible que cuando nos referimos a las imágenes mentales primero surja en nuestra mente la idea de la imagen mental visual. Esto es entendible cuando comparamos la proporción de tejido cortical asignado al procesamiento de información visual en comparación con los otros sentidos (Pearson, 2019). Por lo tanto, las imágenes mentales por default hacen referencia a las imágenes mentales visuales, a menos que se aclare la modalidad específica.

Las imágenes mentales pueden ser **voluntarias** o **involuntarias** (Pearson, 2019; Pearson & Westbrook, 2015). Las imágenes mentales **voluntarias**, son recuperadas al campo de la consciencia desde la memoria de largo plazo, o generadas a partir de fragmentos de recuerdos y sus combinaciones, o producidas de Novo, en un acto de creatividad, para ser operadas conscientemente en la memoria de trabajo (Kosslyn et al., 2001). Las imágenes mentales **Involuntarias**, se imponen automáticamente en el campo de la consciencia. Estas pueden ocurrir tanto a partir de algún desencadenante exógeno (alguna clave semántica o sensorial que opera como gatillo de un recuerdo) o endógeno (que puede ir desde un pensamiento hasta una sensación interna), como así también pueden ocurrir espontáneamente (Pearson & Westbrook, 2015). Por ejemplo, los *flashbacks*, donde recuerdos de un trauma vivido se imponen en la consciencia del

sujeto en ausencia de su control voluntario, con gran calidad en la imagen e impacto emocional. Otro ejemplo son los *sueños*, donde las imágenes mentales tampoco tienen control voluntario, siendo que para su control voluntario la consciencia *debería* tener lucidez algo incompatible con el sueño (Vyshedskiy et al., 2019). Las *alucinaciones*, percepciones sensoriales falsas que se presentan en ausencia de estimulación externa del área sensorial afectada, son otro ejemplo involuntario, con la particularidad de que el sujeto pierde la capacidad de criticar este fenómeno y lo asume como real con alto grado de confianza, diríamos que tiene certeza sobre este fenómeno. Si en cambio aún conserva alguna crítica o duda reservamos el término *alucinosis*, habitual en los síndromes confusionales de causa orgánica (Casey & Kelly, 1967; Sadock & Sadock, 2009). Estas dos categorías, voluntario e involuntario, son *análogos a los subtipos de atención endógena y exógena*, siendo el primero de control de *arriba-abajo (top-down)* y el segundo de control de *abajo-arriba (bottom-up)* (Mechelli et al., 2004a; Pearson, 2019; Vyshedskiy et al., 2019).

## Propiedades de las imágenes mentales:

En relación con las **propiedades** de las **imágenes mentales visuales**, la “**viveza**” de una imagen mental hace referencia a la extensión en la que dicha imagen mental es realista o se parece a la visión real en unas condiciones concretas. La gente puede variar en la facilidad con que puede generar imágenes mentales. Puede ir desde “la imagen es perfectamente vívida” (tendrá exactamente el mismo impacto visual que la percepción del objeto, lugar o escena) hasta en el otro extremo, “la ausencia de imagen mental”. En aquellas personas que son capaces de evocar algún tipo de imagen mental, la viveza se juzga por dos dimensiones: “claridad” y “vivacidad”. La “**claridad**” se refiere a cuán brillante (colores) y nítida (contornos y detalles) es la imagen. Indica el grado en el que los colores son auténticos, destacan los contornos y los detalles se perciben fácilmente. Si es pobre, el brillo será tenue y la nitidez será borrosa, poco precisa, o vaga. La “**vivacidad**” indica en qué medida una imagen es tan viva (dinámica, activa, con fuerza) como la experiencia real. Si es pobre, la imagen carecerá de vida y estará apagada (**resumen en la Figura 2**) (Betts, 1909; Campos & Pérez-Fabello, 2005; Diez, 2006, 2012; Marks, 1973a).



**Figura 2:** Viveza de las imágenes mentales (Diez, 2006, 2012).

Para su evaluación, las pruebas más utilizadas son las desarrollados por Marks (solo imágenes visuales) y Betts (prueba multimodal) (Betts, 1909; Marks, 1973b, 1973a). Marks (1973) desarrolló el Cuestionario de Viveza de Imágenes Visuales, compuesto por una serie de escenarios que se solicita imaginar, para luego considerar con cuidado la imagen que se forma en la imaginación. Estos escenarios eran luego puntuados mediante una escala tipo Likert de 5 puntos, donde el valor 5 significa «Ninguna imagen, tú solo ‘sabes’ lo que estás pensando del objeto» y el valor 1 significa que la imagen mental visual es «Perfectamente clara y tan viva como si estuvieses viendo el objeto». La versión revisada adaptada al Castellano (VVIQVR) ha extendido la escala de 1-5 a 0-7, invirtiendo los puntajes para que el valor 0 coincida con la ausencia de imágenes mentales y 7 con la imagen perfecta, tan vívida como la real. Además, han extendido los ítems a ser puntuados a 32, divididos en 8 escenarios. Dando un puntaje que va desde 0 a 224 (Diez, 2006; Marks, 1973b, 1973a). El cuestionario desarrollado por Betts en 1909, “Questionnaire Upon Mental Imagery”, y particularmente su versión abreviada en 1967 por Sheehan (Betts, 1909; Campos & Pérez-Fabello, 2005; Sheehan, 1967), son de las herramientas más utilizadas para evaluar la viveza de las imágenes mentales, pero a diferencia del VVIQ y el VVIQVR, estas son pruebas de evaluación multimodal. Miden la intensidad de las imágenes mentales en siete modalidades sensoriales: visual, auditiva, cutánea, cinestésica, gustativa, olfativa y orgánica. También utilizan escalas tipo Likert, sin embargo, en esta escala las puntuaciones altas indican una baja capacidad de imaginación, y viceversa. Donde 1=Perfecta y 7=Ninguna Imagen.

Otro aspecto que puede ser estudiado es la **controlabilidad** de la imagen mental. La controlabilidad describe la capacidad de manipular o controlar imágenes mentales una vez producidas, operando conscientemente en la memoria de trabajo

(Campos & Pérez-Fabello, 2005; Gordon, 1949). Para su evaluación, Gordon en 1949 desarrolló su Prueba de Control de Imágenes Visuales (en inglés, Gordon Test of Visual Imagery Control) (Campos & Pérez-Fabello, 2005; Gordon, 1949). La versión más utilizada de esta prueba (Pérez-Fabello & Campos, 2004; Richardson, 1969) consta de 12 ítems en los que se pide a los sujetos que imaginen un coche de motor y luego que en una escala de 3 puntos (0 = no, 1 = inseguro, 2 = sí) si pueden imaginarlo en diferentes colores, posiciones y estados de movimiento. Las puntuaciones totales oscilan entre 0 y 24. Las puntuaciones altas indican un mejor control de la imagen. (ver **figura 3**)

	RESPUESTA:		
1. ¿Puedes ver un coche situado en la calle delante de una casa?	Si	No	Inseguro
2. ¿Puedes verlo en color?	Si	No	Inseguro
3. ¿Puedes verlo ahora en un color diferente?	Si	No	Inseguro
4. ¿Puedes ahora ver el mismo coche volcado con las ruedas hacia arriba?	Si	No	Inseguro
5. ¿Puedes ahora ver el mismo coche de nuevo, sobre sus cuatro ruedas?	Si	No	Inseguro
6. ¿Puedes ver el coche corriendo por la calle?	Si	No	Inseguro
7. ¿Puedes verlo subiendo una cuesta muy empinada?	Si	No	Inseguro
8. ¿Puedes verlo cruzando la cima?	Si	No	Inseguro
9. ¿Puedes verlo perdiendo el control y chocando contra una casa?	Si	No	Inseguro
10. ¿Puedes ver ahora el mismo coche corriendo por la calle con una atractiva pareja dentro?	Si	No	Inseguro
11. ¿Puedes ver el coche cruzando un puente y cayendo de lado al río?	Si	No	Inseguro
12. ¿Puedes ver el coche todo viejo y desmantelado en un cementerio de coches?	Si	No	Inseguro

**Figura 3:** Versión Española de la prueba de Gordon de control de imágenes visuales (Diez, 2006, 2012).

## **Epidemiología:**

Alrededor del **2 al 5%** de la población podría ser afantásica, de acuerdo con los estudios publicados por Galton, Betts y Faw (Betts, 1909; Faw, 2009a; Galton, 1880; Richardson, 1994).

Sin embargo, algunas poblaciones específicas podrían tener diferentes prevalencias de afantásicos que otras, por ejemplo, entre los psicólogos la prevalencia de afantásicos se eleva a un 19%, contra un 2% entre estudiantes universitarios (Betts, 1909). En este sentido, Galton había reportado ya en 1880 que la viveza de la imaginación estaría asociada a la elección de la ocupación, con una tendencia hacia una imaginación más débil entre los "hombres de ciencia" (Galton, 1880). Un estudio más reciente, investigó la hipótesis de que los sujetos con distintas capacidades en su imaginación tenderían a elegir distintas profesiones. Para ello comparó una muestra de hiperfantásicos con una de afantásicos. Según sus resultados, las personas del grupo con afantasia tenían una probabilidad significativamente menor de trabajar en "Artes, diseño, entretenimiento, deportes y medios de comunicación" ( $p < .001$ ); en contraste, una proporción significativamente mayor de personas con afantasia trabajaban en profesiones clasificadas como "Informática y Matemáticas", "Ciencias de la Vida, Físicas y Sociales" ( $p < .001$ ) (A. Zeman et al., 2020).

### **Comorbilidades:**

Estudios realizados previamente con casos y controles han vinculado la viveza de las imágenes mentales con varios dominios cognitivos y sus variantes. Las cuales vamos a exponer en este apartado.

#### *Memoria Autobiográfica:*

La riqueza y la fluencia de la memoria autobiográfica o episódica, ha sido vinculada a la viveza de las imágenes mentales en forma directa (D. C. Rubin et al., 2003; D. Rubin & Greenberg, 1998; A. Zeman et al., 2020). Obteniendo mejores resultados en test de memoria autobiográfica los Hiperfantásticos, que los Controles, que los Afantásticos (A. Zeman et al., 2020). Otros investigadores incluso han propuesto al Déficit Severo de Memoria Autobiográfica como parte del espectro de la afantasia (Palombo et al., 2015; Watkins, 2018).

#### *Prosopagnosia:*

La prosopagnosia está caracterizada por la dificultad para reconocer rostros familiares. En un estudio publicado por Grüter en 2009, describieron que la puntuación media del VVIQ entre las personas con prosopagnosia congénita era entre dos y tres desviaciones estándar inferior a la media de los participantes normales (Grüter et al., 2008, 2009). Hecho más tarde confirmado por otro estudio, donde los participantes del grupo de afantásticos informaron de niveles significativamente más altos de dificultades en el reconocimiento de caras que los participantes de los grupos de hiperfantásticos o de los controles (A. Zeman et al., 2020).

### *Autismo:*

Las personas con autismo muestran una serie de diferencias en el desarrollo, por ejemplo, en el procesamiento de la cognición social, la comunicación, la sensibilidad sensorial y déficits en la imaginación (American Psychiatric Association, 2013). Por lo tanto, ha sido foco de investigación sobre su relación con la afantasia. Dance y colaboradores, demostraron que las personas con afantasia presentan más rasgos asociados al autismo, especialmente en las subescalas de imaginación y habilidades sociales (Dance et al., 2021).

### *Respuesta emocional*

Una de las funciones propuestas de la imaginería, es hacer que los pensamientos sean más emocionalmente evocativos a través de la estimulación sensorial simulada. Lo que podría resultar útil tanto para planificar eventos futuros, como para recordar eventos pasados (en el extremo de este ejemplo, los flashbacks de las memorias traumáticas). Por lo tanto, también pueden ser clave, cuando los pensamientos se vuelven abrumadores o desadaptativos como en la depresión o en la ansiedad. Los afantásicos han sido una oportunidad para poner a prueba a estas ideas en un estudio llevado a cabo por Wicken, Keogh y Pearson (2021), donde mostraron que los sujetos afantásicos carecían de respuesta fisiológica emocional primaria al imaginar escenarios o leer historias aterradoras (las mediciones de conductancia de la piel permanecían planas, en contraste con los controles que sí se modificaban). En cambio, esta diferencia con los controles en las respuestas fisiológicas a los estímulos que inducen miedo, no se da cuando se veían imágenes de miedo (Keogh, Wicken, et al., 2021a).

### *Sinestesia*

La sinestesia es un rasgo, de origen en el neurodesarrollo, en el que los sentidos se entremezclan (“Oxford Handbook of Synesthesia,” 2013). Los casos de sinestesia suelen estar asociados a altas capacidades de imaginación, siendo más frecuentes en hiperfantásticos que la población general (Dance et al., 2021; A. Zeman et al., 2020). Su asociación a la población de afantásticos ha sido estudiada en dos estudios dando similares resultados a la población general (Dance et al., 2021; A. Zeman et al., 2020).

### **Justificación: ¿Por qué investigar este tema?**

**El impacto**, imagínese usted si es que puede, como sería descubrir en su adolescencia o su temprana adultez que lo que sus conocidos y amigos refieren como habitual a usted le es absolutamente ajeno. Lo que usted siempre dio por sentado que era lenguaje metafórico, se acaba de enterar que era la descripción de un hecho habitual para todos, menos para usted. Y para colmo, cuando comparte su inquietud nadie comprende a que se refiere o le dicen que debe tener un problema de origen psicogénico intentando calmarlo (como si eso fuera cierto, no sería un problema). Imagínese la frustración, la impotencia.

**Los sujetos** afectados por esta situación merecen una explicación, como médico y como investigador creo que hay un compromiso ético de intentar comprender a través de la investigación que hay detrás de los síntomas nuevos o no estudiados profundamente antes.

**La oportunidad** de comprender una función psicológica a partir del estudio de sus variantes es única. La ausencia de una función es un recurso abundantemente utilizado en la historia del estudio de la neurobiología, siendo que al comparar sujetos con y sin la misma función nos permite localizar circuitos u áreas involucradas en la misma. Ejemplos hay múltiples: el caso de Phineas Gage, está considerado como una de las primeras evidencias científicas que sugerían que una lesión del lóbulo frontal podía alterar aspectos de la personalidad, la emoción y la interacción social en una persona (Scoville & Milner, 1957). El caso H.M., para la comprensión de la participación de los hipocampos y la corteza temporal medial en la memoria explícita (Scoville & Milner, 1957).

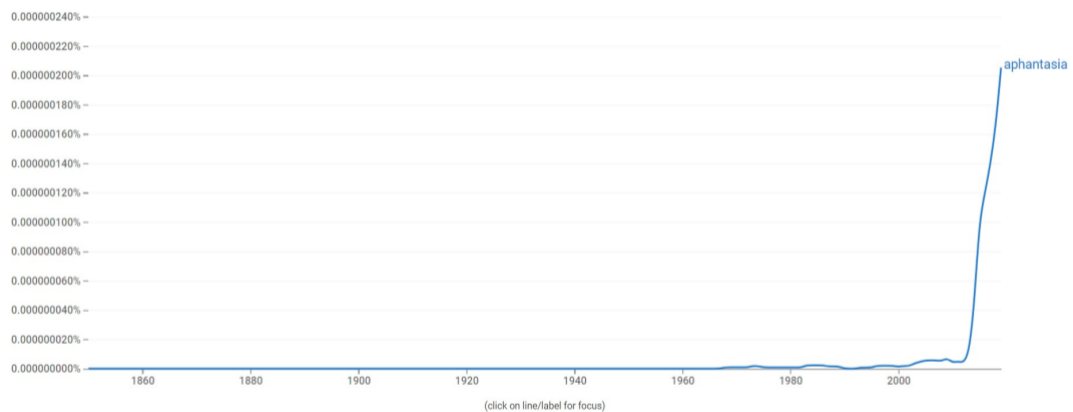
**La población**, entre un 2-5% de la población general, y hasta 19% en la población profesional puede ser afantásico/a, y no saberlo o no haber obtenido una explicación satisfactoria de lo que le pasa (Betts, 1909; Faw, 2009a; Galton, 1880; Richardson, 1994).

## Estado del Arte:

### Contexto:

La Aphantasia es una condición que hasta los trabajos publicados por el Dr. Zeman y colaboradores en el año 2015 no tenía nombre (A. Zeman et al., 2015a). Pero que podemos encontrar referencias sobre casos en la literatura desde hace más de cien años en los trabajos publicados por Sir Francis Galton (Galton, 1880).

Desde que esta cualidad o condición fue bautizada con un nombre, la literatura sobre el tema ha adquirido un nuevo auge. Buscadores como el Google Ngram que permiten analizar la presencia de un término en toda la literatura tanto general como científica de lengua inglesa desde 1850 a 2019 presente en la base de datos de Google refleja un claro pico con inicio en el 2015 (**ver figura 4**) (Aphantasia on Google Ngram, Retrieved June 23, 2021).



**Figura 4:** Presencia de la palabra Aphantasia en la base de datos Google Ngram al (Aphantasia on Google Ngram, Retrieved June 23, 2021.).

A su vez, la búsqueda en la base de datos **Pubmed** del término “aphantasia” refleja 76 resultados en inglés (cero resultados en Español del término “Afantasia”) siendo el primer trabajo publicado en 2015 y con un claro aumento en las publicaciones en los

últimos 3 años (**ver Tabla 1**) (Aphantasia - Search Results - PubMed, 2023). La misma búsqueda en la página de **Web of Science (WOS)** arroja 96 resultados entre el 2015 y 2023 (cero resultados en Español del término “Afantasía”) con una similar tendencia al aumento en los últimos 3 años (**ver Tabla 1**) (Aphantasia - Search Results - WOS, 2023).

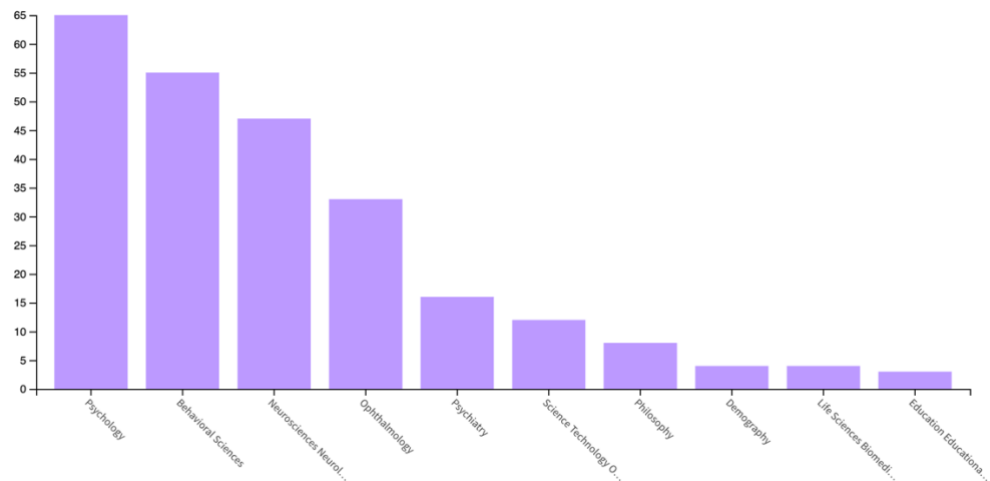
Year	PubMed	WOS
2015	3	1
2016	2	2
2017	4	1
2018	4	5
2019	2	4
2020	6	8
2021	16	27
2022	20	23
2023	19	24

**Tabla 1:** Resultados de búsqueda en la base de datos de PubMed y Web of Science (WOS) del término: “Aphantasia”. Sin resultados previos a 2015. (Aphantasia - Search Results - PubMed, n.d.).

El análisis de los Resultados en la Web of Science, indica la aphantasia o aphantasia, ha sido principalmente investigada por la **Psicología** (65 registros), las **Ciencias de la conducta** (55 registros), la **Neurología/Neurociencias** (47 registros), la **Oftalmología** (33 registros) y la **Psiquiatría** (16 registros). Nótese que algunas publicaciones pueden ser incluidas en más de un área del estudio (**ver figura 5 y tabla 2**) (Aphantasia - Search Results - WOS, 2023).

Áreas de Investigación	Registros	% of 95
Psicología	65	68.421
Ciencias de la Conducta	55	57.895
Neurología - Neurociencias	47	49.474
Oftalmología	33	34.737
Psiquiatría	16	16.842
Ciencia Tecnología Otros temas	12	12.632
Filosofía	8	8.421
Demografía	4	4.211
Ciencias de la Vida Biomedicina Otros Temas	4	4.211
Educación Investigación Educativa	3	3.158
Geriatría Gerontología	3	3.158
Biología Matemática Computacional	3	3.158
Medicina Interna General	2	2.105
Historia Filosofía de la Ciencia	2	2.105
Ciencia de la Información Bibliotecología	2	2.105
Matemáticas	2	2.105
Pediatría	2	2.105
Fisiología	2	2.105
Radiología Medicina Nuclear Imágenes Médicas	2	2.105
Ciencias Sociales Otros Temas	2	2.105
Artes Humanidades Otros Temas	1	1.053
Química	1	1.053
Comunicación	1	1.053
Informática	1	1.053
Odontología Cirugía Oral Medicina	1	1.053

**Tabla 2:** Registro de publicaciones por área de investigación (Aphantasia - Search Results - WOS, 2023).



**Figura 5:** Visualización de las 10 áreas de investigación con mayor número de publicaciones sobre Aphantasia (Aphantasia - Search Results - WOS, 2023).

Es interesante notar que pese a la presencia de varios casos lesionales registrados en la literatura y de los registros estadísticos donde se encontraban entre la población un número significativo de personas con una nula capacidad de evocación o generación de imágenes mentales visuales en forma voluntaria, la presencia de tal fenómeno no había generado un marcado interés en la literatura científica como sí lo había generado los casos de memoria visual eidética o Hiperfantasía como algunos autores proponen denominar a las personas con capacidad de evocación a la memoria o de generación de imágenes mentales en forma excepcional estadísticamente hablando (Milton et al., 2021; Pearson, 2019; A. Zeman et al., 2020).

Otro punto interesante para mencionar es que durante décadas varios autores definieron la pertinencia del tema, siendo fuertes defensores de la imagen mental como metáfora simbólica del lenguaje o como imagen mental pictográfica según sus propias capacidades cognitivas, no pudiendo representarse una posibilidad alternativa (Faw, 2009a; Pearson & Kosslyn, 2015; Watkins, 2018). En palabras de William James

(1890) al comentar sobre el trabajo de Galton (1880): “A *una persona, cuya imaginación visual es fuerte, le resulta difícil entender cómo los que carecen de esta facultad pueden pensar en absoluto*” (Galton, 1880; James, 1980). Es entendible entonces, que los psicólogos afantásicos tendrían el mismo problema de comprensión empática de las personas con imágenes mentales vívidas. Y, por lo tanto, proyectaran en sus escritos lo que era su realidad, no dando crédito a las imágenes mentales más que como metáforas simbólicas (Faw, 2009a; Watkins, 2018).

Anecdóticamente, podemos contar que una publicación científica realizada en 2010, sobre un caso de pérdida abrupta de la capacidad de generar imágenes mentales visuales tras una angioplastia (A. Z. J. Zeman et al., 2010), llamó la atención del editor de una revista de divulgación para público general llamada “Discover”. En consecuencia, Carl Zimmer publicó una nota comentando el trabajo del Dr. Adam Zeman y colaboradores (Zimmer, 2010). Para su sorpresa, Zeman encontraría al día siguiente de la publicación, su casilla plena de mensajes de personas de múltiples ciudades de los Estados Unidos con consultas, refiriendo haber sentido que por primera vez alguien había descrito lo que les sucedía. Esto permitió que muchas personas pudieran identificar su condición e investigaran más sobre el tema y generó un puntapié inicial para la siguiente publicación científica. Gracias a estos contactos, lograron juntar 21 sujetos, con lo que hoy denominamos Afantasia congénita, que en ese momento se autodescribían con una imaginación ciega. Es en esta publicación donde se sugerirá por primera vez el nombre de Afantasia (en inglés, Aphantasia) (A. Zeman et al., 2015a). Repitiendo la historia, Carl Zimmer nuevamente publicó una nota sobre esta nueva publicación, ahora en el New York Times (Zimmer, 2015). Impulsando a miles de personas a ponerse en contacto con los investigadores y popularizando el término

Aphantasia / Afantasia, que se impuso en la literatura popular y científica (A. Zeman et al., 2015a, 2016; Zimmer, 2015).

El primer debate sobre la afantasia se da entre los trabajos “*Refusing to imagine? On the possibility of psychogenic aphantasia*” (de Vito & Bartolomeo, 2016) y “*Reflections on aphantasia*” (A. Zeman et al., 2016). Las primeras reflexiones que surgieron de estos trabajos apuntan a intentar comprender la causalidad de la Afantasia. De Vito y Bartolomeo plantean la necesidad de la evaluación psicopatológica de los sujetos, planteando la posibilidad de que al menos algunos casos podrían ser de origen psicogénico o funcional. En su respuesta, el equipo del Dr. Zeman, agrega que la posibilidad de una forma facticia de la afantasia no debería descartarse. De Vito y Bartolomeo, hacen referencia a los primeros casos de pérdida abrupta de la capacidad de evocar imágenes mentales presentados por Charcot en 1883 y por Cotard en 1884 (Charcot & Bernard, 1883; Cotard, 1984). Siendo el primero presentado como el antecedente más antiguo de un caso, a prima facie lesional, y el segundo caso en el contexto de una melancolía ansiosa. Estos casos han sido objeto de debate sobre la naturaleza orgánica o funcional de este tipo de cuadros desde incluso antes de la presencia del consenso que hoy los encuadra dentro de la afantasia (Zago et al., 2011).

Rebeca Keogh y Joel Pearson se plantearon una muy interesante pregunta de investigación: ¿Los pacientes afantásicos son realmente incapaces de imaginar visualmente o tienen un problema de metacognición que los haría ciegos a lo que imaginan? Para ello utilizan el paradigma de primado por rivalidad binocular y Resonancia Magnética Nuclear funcional (RMNf) en sujetos con afantasia y controles. Demostrando que los sujetos con afantasia no tenían efectos de primado por imágenes mentales, mientras los controles sí. Dando por tierra con la idea de la metacognición

pobre en los sujetos afantásicos y afirmando que no son capaces de imaginar visualmente (R Keogh, 2017).

En 2017, Jacobs, realiza un trabajo para evaluar el estado de la Memoria de Trabajo en un paciente con afantasia en comparación con 11 controles, y describe que, para su sorpresa, su rendimiento en tareas diseñadas para utilizar imágenes mentales no difirió del de los controles, simplemente usaba estrategias alternativas para compensar en forma muy eficientes. Estrategias de tipo semántico muy similares a las que usaba el caso publicado por nuestro equipo en 2022 (Furman et al., 2022).

En el año 2018, la publicación de Crowder refiere que no encontraron diferencias entre afantásicos y controles a la hora de evaluar la Prueba de Rotación Mental, utilizaban diferentes estrategias con similar eficacia; mientras los afantásicos si reportaban puntajes significativamente menores en la escala de viveza de las imágenes espaciales. Resultados que son similares a las de nuestra publicación de 2022 (Furman et al., 2022), así como a los resultados de Zhao 2018 y Pounder 2022 (Pounder et al., 2022; Zhao & Sala, 2018).

En el 2019, Pearson publica un trabajo muy interesante titulado “*The human imagination: the cognitive neuroscience of visual mental imagery*” (Pearson, 2019), donde realza una revisión basada en las neurociencias cognitivas de las imágenes mentales visuales. Plantea el modelo de “*reverse visual hierarchy*” apoyado en los trabajos de Dijkstra y Dentico (Dentico et al., 2014; Dijkstra, Zeidman, et al., 2017). Este modelo que será explicado en el apartado de Neurobiología de las imágenes de esta tesis ha sido muy interesante para la pensar nuestras hipótesis sobre la neurofisiología de la afantasia (Furman et al., 2022). Además incluye por primera vez al término Hiperfantasia (textual, “*Hyperphantasia, a highly vivid, almost realistic*

*imagery*”) como el extremo vivido de la imaginación (Pearson, 2019). Tomando la idea de los trabajos originales de Galton donde ya estaban ambos extremos descriptos (Galton, 1880).

En el 2020, dos publicaciones con hallazgos congruentes fueron publicadas en el campo de las imágenes mentales ampliando la investigación de la aphantasia a la hiperfantasía, permitiendo interesantes comparaciones, los trabajos de Dawes y Zeman (Dawes et al., 2020; A. Zeman et al., 2020). Ambos exploran los aspectos cognitivos de las personas en los extremos de la viveza de las imágenes mentales. En el artículo de Zeman y colaboradores, los datos 2000 participantes con aphantasia y 200 con hiperfantasía recogidos mediante cuestionarios, describen que la aphantasia se asocia a profesiones científicas y matemáticas, mientras que la hiperfantasía se asocia a profesiones "creativas". que la hiperfantasía se asocia a profesiones "creativas". Los aphantásicos reportaron elevada dificultad en el reconocimiento de caras y la memoria autobiográfica, mientras que los que los participantes con hiperfantasía presentaron un elevado índice de sinestesia. Aproximadamente la mitad de las personas con aphantasia describieron una ausencia de imágenes involuntarias durante la vigilia en todas las modalidades sensoriales, mientras que la mayoría sueña visualmente. Y finalmente, la aphantasia parece ser más frecuente en las familias de lo que cabría esperar por casualidad (A. Zeman et al., 2020). En el trabajo publicado por Dawes y colaboradores, se planteó describir una huella cognitiva de la aphantasia, comparándola con controles. Reportaron que los individuos aphantásicos informaron de una disminución de la imaginería en otros dominios sensoriales, aunque no todos informaron de una falta total de imágenes multisensoriales. También refirieron recuerdos autobiográficos y escenarios futuros imaginados fenomenológicamente menos vividos, lo que sugiere un rol constructivo de las imágenes visuales en la representación de acontecimientos episódicos. Además, los

individuos afantásicos reportaron menos sueños y cualitativamente empobrecidos en comparación con los controles. Sin embargo, las capacidades espaciales no parecen estar afectadas, y los individuos afantásicos no parecen estar considerablemente protegidos contra todas las formas de sintomatología traumática en respuesta a acontecimientos vitales estresantes. Los investigadores concluyeron que, estos datos sugerían que la imaginación podría ser una herramienta de representación normativa para procesos cognitivos más amplios (Dawes et al., 2020).

En el año 2021, cinco trabajos fueron publicados. En primer lugar, los doctores Wicken, Keogh y Pearson estudiaron el rol de las imágenes mentales en las emociones humanas. Observaron que al comparar afantásicos contra controles, los afantásicos, pero no así los controles, tuvieron una respuesta fisiológica plana en los niveles de conductancia de la piel al leer o imaginar historias aterradoras, pero tenían una respuesta normal a los estímulos visuales aterradores percibidos (Keogh, Wicken, et al., 2021a). En un segundo artículo de los mismos autores (Keogh, Wicken, et al., 2021b), se preguntaron si las imágenes mentales eran necesarias para la memoria de trabajo visual, y para ello compararon controles con afantásicos. Confirmando los resultados publicados por Jacobs (Jacobs et al., 2017) previamente, no encontraron diferencias en los límites de capacidad para la memoria de trabajo visual, numérica general o espacial. Datos que coinciden con los de nuestra publicación de 2022 (Furman et al., 2022).

En el mismo año el equipo de Hinwar y Lambert, demostraron que la mayoría de los pacientes con afantasia también reportaba pobreza o ausencia de las imágenes mentales auditivas. Condición a la que propusieron denominar Anauralia (Hinwar & Lambert, 2021). En simultaneo, Dance y colaboradores, investigaron la relación entre la afantasia, la sinestesia y el autismo. Encontraron que los afantásicos reportaron mayor cantidad de rasgos de autismo que los controles, con pobreza en la imaginación

y las habilidades sociales. Además, usando un tipo específico de sinestesia (grafema-color) como caso de prueba, encontraron que la sinestesia puede ser encontrada en afantásicos. Sin embargo, la afantasia influyó en el tipo de sinestesia experimentada, favoreciendo la sinestesia "asociadora" frente a la "proyectiva", una distinción vinculada a la fenomenología de la experiencia cinestésica (Dance et al., 2021).

También en 2021, el equipo de la Universidad de Exeter juntaría los laboratorios de Psicología y Neurología cognitiva, para investigar en simultaneo las cualidades neuropsicológicas y neuroimágenes funcionales de afantásicos (n=24), controles (n=20) e hiperfantásicos (n=25). Reportaron que, a pesar de un rendimiento equivalente en las pruebas de memoria estándar, se midieron marcadas diferencias de grupo en la memoria autobiográfica y la imaginación, donde los participantes con hiperfantasia superaron a los controles que superaron a los participantes con afantasia. Las dificultades en el reconocimiento de rostros y los rasgos del espectro autista fueron más frecuentes en la afantasia, datos en línea con las investigaciones previamente mencionadas. El Inventario de Personalidad NEO Revisado puso de manifiesto una menor extraversión en el grupo con afantasia y una mayor apertura en el grupo con hiperfantasia. La RMNf en estado de reposo reveló una mayor conectividad entre las cortezas prefrontales y la red visual entre los participantes con hiperfantasia que entre los participantes con afantasia. En un paradigma de RMNf activa, hubo una mayor activación parietal anterior entre los participantes hiperfantásicos y de control que entre los afantásicos al comparar la visualización de caras y lugares famosos con la percepción (Milton et al., 2021).

El año 2022, nuestra primera publicación de reporte de caso saldría publicada en la revista Neurocase titulada "*Cortical activity involved in perception and imagery of visual stimuli in a subject with aphantasia. An EEG case report.*" (Furman et al., 2022).

Este sería el primer caso de afantasia en ser estudiado con Neuropsicología y Potenciales Relacionados con Eventos (ERPs) N170, P200 y N250, para lo que utilizamos un EEG de 64 canales y un casco Neuroscan para analizar los primeros 300ms al ver y al evocar la imagen de una cara neutra. En este trabajo nos encontramos con que el sujeto pudo realizar sin ninguna dificultad las pruebas neuropsicológicas generales e incluso pudo realizar con estrategias alternativas la prueba de rotación (MRT) mental con gran facilidad, resultados neuropsicológicos similares a los hallados por el equipo de Pounder el mismo año (Pounder et al., 2022). Las puntuaciones en las pruebas de viveza de las imágenes mentales describían una ausencia absoluta de imágenes mentales voluntarias. Tampoco tuvo experiencias visuales involuntarias diurnas. Encontraba gran dificultad en responder si tenía sueños con imágenes visuales, pero si tenía claro que soñaba y recordaba semánticamente con gran detalle los episodios. En relación con los ERPs, al evocar la imagen mental, el sujeto no podía revertir el proceso que realizaba al ver la misma imagen, como hubiera predicho el modelo de reversión jerárquica, sosteniendo actividad en áreas temporales y frontales con tendencia a la lateralización hacia la izquierda. Y sin activar áreas visuales tempranas posteriores, como se hubiera esperado en alguien que si tuviera viveza en las imágenes mentales visuales. Estos hechos nos llevaron a plantear la necesidad de un nuevo estudio de casos y controles (Furman et al., 2024b).

En el mismo año publicó un estudio de prevalencia de afantasia en la población general, utilizando una muestra de 502 estudiantes y 502 sujetos reclutados online, dando una media 3.9% de sujetos afantásicos sin diferencias de género (Dance et al., 2022). Otra publicación sobre prevalencia con 5010 participantes adultos de la población general de Estados Unidos encontró una prevalencia de 8.9% entre participantes que se auto reportaban como afantásicos, pero solo del 1.5% cuando se

los medía con escalas de viveza de las imágenes mentales (Beran et al., 2023). Una diferencia similar entre auto reportes y los resultados del VVIQ fue hallado en 2023 por el equipo de Takahashi (Takahashi et al., 2023), N=2871, 12.1% de los participantes se auto percibían afantásicos, mientras solo el 3.7% de los que respondieron el VVIQ eran catalogados como afantásicos.

Por su parte Cavedon, no encontró diferencias entre afantásicos y controles en la prevalencia de desórdenes psicopatológicos (Cavedon-Taylor, 2022). El equipo de Monzel (2023) planteó que, aunque la afantasia cumpliría el criterio de rareza estadística, su repercusión sobre las actividades propias de la vida diaria y sobre el distrés individual, era demasiado débil para ser clasificado como un desorden mental en sí mismo (Monzel, Vetterlein, & Reuter, 2023). En un segundo estudio publicado el mismo año, el equipo de Monzel, muestra que los afantásicos puntuaron significativamente peor que los controles tanto en el “Cambridge Car Memory Test” como en el “Cambridge Face Memory Test”. Por lo tanto, plantean que las dificultades de reconocimiento visual no serían específicas del reconocimiento de caras, sino que se podrían aplicar a otros objetos también, como por ejemplo los autos (Monzel, Vetterlein, & Reuter, 2023).

En el año 2023, el trabajo publicado por Dawes, Keogh y Pearson, plantearon que análisis de tipo clúster demostrarían que la afantasia sería una condición heterogénea caracterizada por dos subgrupos, los afantásicos visuales y los afantásicos multisensoriales. También describen que encontraron casos de afantasia selectiva de otros dominios sensoriales, como era el caso de la Anauralia (Dawes et al., 2023).

Otro artículo firmado por Blomkvist (Blomkvist, 2023). Describe que, aunque la mayoría de las publicaciones sobre afantasia congénita están de acuerdo respecto de la

alteración en la capacidad de evocar imágenes mentales visuales, no hay un claro acuerdo sobre como incorporar al diagnóstico las comorbilidades observadas en estos sujetos. Por lo tanto, plantea conveniente describir que los afantásicos exhibirían un clúster de alteraciones. Y plantea una posible explicación teórica de base *cognitiva* para la afantasia, basada en la “*hipótesis de la simulación episódica constructiva*” (CESH+). Donde los sujetos serían incapaces de evocar imágenes voluntariamente, porque cuando la orden de arriba-abajo es emitida fallaría en desencadenar el proceso de recuperación de información episódicamente relevante. La idea es interesante, pero depende de que la arquitectura modelo cognitivo CESH+, sea coincidente con la neurobiología que la sostiene.

El trabajo de Jianghao y Bartolomeo (Jianghao & Bartolomeo, 2023), comparó los tiempos de reacción y la precisión de 117 sujetos sanos con distintos niveles de viveza de las imágenes mentales visuales, utilizando la versión online de la “*French-language Batterie Imagination-Perception (eBIP)*”. Sus hallazgos sugirieron que las personas con afantasia congénita experimentan una ralentización en el procesamiento de la información visual, tanto en la imaginación como en la percepción, pero la precisión de su procesamiento no se vio afectada. Los autores plantean entre sus hipótesis que o estaría afectada la metacognición o que utilizarían estrategias alternativas a la visualización para acceder a la información. En nuestra experiencia la segunda opción ha sido el caso ante ejercicios que podrían haber requerido del buffer visual estrategias semánticas surgían naturalmente (Furman et al., 2022).

## La Psicología de las imágenes mentales:

En el campo de la filosofía, Platón, en sus diálogos cerca del 369ac, pone a las imágenes mentales en el centro de la escena con su famosa metáfora de la tableta de cera. El plantea que las imágenes mentales son como patrones grabados en cera, y que las diferencias individuales podían entenderse en términos de propiedades de la cera, como su temperatura, pureza, etc (Kosslyn, 1996; Platón, 369 B.C.E.). Trazando un continuo entre el conocimiento, la memoria y la percepción. Aristóteles, discípulo de Platón, utilizaba el término “*fantasma*” para describir las imágenes o representaciones mentales, y “*fantasía*” para describir la facultad por la que un fantasma se nos representa en la mente (Aristotle & D.W., 1968; A. Zeman et al., 2015b).

Uno de los pioneros, en el campo de la psicología, en la idea de que las personas podrían tener capacidades diferentes en su capacidad de imaginar, fue Fechner en 1860 (Fechner, 1860). Fechner estaba dotado de un talento inusual para la observación subjetiva, describe William James, y en el capítulo xiv de su libro "Elements of Psychophysics" dio los resultados de una comparación muy cuidadosa de sus propias imágenes de memoria visual, junto con los relatos de varios otros individuos de sus. Los resultados mostraron una gran diversidad personal. "*Sería interesante*", escribe, "*trabajar el tema estadísticamente*"; "*y lamento que otras ocupaciones me hayan impedido cumplir mi anterior intención de proceder de este modo*" (Fechner, 1860; James, 1980).

La intención de Fechner sería ejecutada independientemente por el Sr. Galton, la publicación de cuyos resultados en 1880 puede decirse que hizo una era en la Psicología descriptiva, describe W. James (James, 1980).

En el año 1880 Sir Francis Galton inicia su estudio comparativo sobre las imágenes mentales con una serie de preguntas abiertas respecto a las imágenes mentales visuales, evocadas al ser pedido que recuerden la experiencia de una cena reciente. En esta primera experiencia Galton se sorprendió que un número importante de “hombres de ciencia” a los que había escrito, eran incapaces de completar la tarea, denominándolos “no imaginadores” (en inglés, “non-imageners”). En su segundo intento por estructurar más la investigación sobre el tema desarrolla el “Test de la mesa del desayuno” (en inglés “Galton’s breakfast table test”), donde encuentra que alrededor de un 5% de los participantes eran incapaces de evocar imágenes mentales visuales, dando respuestas del tipo: *“Recuerdo la mesa del desayuno, pero no la veo”*. *“Es solo como una forma figurativa del lenguaje que puedo describir mi recuerdo de la sensación de una imagen mental que puedo “ver” con mi “ojo de la mente”*”. En el extremo opuesto otros participantes planteaban poder evocar imágenes con gran facilidad y calidad fotográfica: *“La imagen una vez vista es perfectamente clara y brillante”*; *“La imagen mental parece corresponder en todos los aspectos con la realidad”*; *“Creo que es tan claro como la escena real”* (Galton, 1880).

El mismo Galton refería en sus escritos que sus propias habilidades para evocar imágenes mentales eran bastante pobres, *“Visualizo con esfuerzo... antes de que se me ocurriera intentarlo con cuidado, habría declarado rotundamente que mi campo de visión en la oscuridad era esencialmente de un negro uniforme ...”* (en inglés, *“I visualize with effort ... before I thought of carefully trying, I would have emphatically declared that my field of view in the dark was essentially of a uniform black ...”*) (Galton F, 1883). Es posible que su conciencia sobre su propia incapacidad en conjunto con su conocimiento de que otros si eran capaces, halla impulsado su investigación científica (Faw, 2009a).

William James, uno de los autores contemporáneos a Galton y uno de los autores más influyentes sobre investigación en temas de psicología, en el capítulo XVIII dedicado a la Imaginación de su libro “Principios de Psicología”, dejó evidencias sobre su propia falta de habilidad en relación a sus imágenes mentales: *"Yo mismo soy un visualizador muy pobre, y encuentro que rara vez puedo recordar una sola letra del alfabeto en términos puramente retinales. Tengo que trazar la letra recorriendo su contorno con el ojo mental para que su imagen sea nítida"* (James, 1980).

En 1909 George Betts toma las respuestas del estudio publicado por Galton y crea una escala de Likert de 7 puntos que iba desde *"perfectamente clara y tan vívida como la experiencia real"* (en inglés, *"perfectly clear and as vivid as the actual experience"*) hasta *"ninguna imagen presente en absoluto, sólo sabes que estás pensando en el objeto"* (en inglés *"no image present at all, you only knowing that you are thinking of the object"*). En sus estudios, encontró resultados con distintos rangos de *"no imaginadores"* en las poblaciones estudiadas que iban del 2% en sus alumnos (*"college students"*), al 19% entre psicólogos académicos de la universidad. Además, Betts, amplió los estudios sobre imágenes mentales a siete modalidades sensoriales (visual, auditiva, táctil, cinestésica, gustativa, olfativa y orgánica), y a la dimensión involuntaria de las imágenes mentales (Betts, 1909).

Desde el trabajo publicado por Watson en 1913 (Watson, 1913) atacando las imágenes mentales, hasta 1960 cuyo estudio resurge, las imágenes mentales prácticamente no fueron investigadas. Desde principios del siglo XX y por al menos medio siglo, el movimiento conductista dominaría la psicología científica, primero en Estados Unidos y eventualmente también internacionalmente. Con el advenimiento del conductismo en el campo de la psicología científica, las imágenes mentales perdieron lugar en el centro de la escena de las investigaciones. La obsesión con la pureza

metodológica de esta nueva etapa paradigmática marginó los trabajos basados en la introspección, no habiendo avances técnicos que permitieran su observación instrumentalmente objetiva. El análisis de la subjetividad y la introspección, ya no eran una opción metodológicamente válida en esta etapa. Esto hizo del estudio de las imágenes mentales un blanco fácil para los conductistas, quienes negaban su mera existencia (“iconofobia”) y mucho menos que fuera un objeto de estudio científico propio de la psicología. Planteaban que aquello a lo que se referían como “imágenes mentales” era en realidad un “diálogo interno”, y que cualquier oposición a esta descripción era simplemente errónea (Kosslyn, 1996; Mental Imagery (Stanford Encyclopedia of Philosophy/Spring 2005 Edition), n.d.). Escribiendo estas palabras, no puedo dejar de pensar que la presencia de hasta 19% de afantásicos entre los psicólogos académicos podría haber sido mayor entre los conductistas.

El estudio de las imágenes mentales volvió a la escena de la investigación con el advenimiento de la psicología cognitiva y de las ciencias de la computación en la década de 1960. Muchos psicólogos interesados en el aprendizaje verbal se interesaron por esta nueva escuela cognitiva y los eventos mentales volvieron a ser aceptables. El lenguaje del procesamiento de la información podría ser aplicado tanto a las computadoras como a los cerebros (Kosslyn, 1996; Newell et al., 1958; Paivio, 1969; Sheehan, 1972).

Donald Hebb ayudó a lanzar el estudio moderno de las imágenes mentales en la era cognitiva en un artículo seminal del año 1968 (Hebb, 1968), en el que instó a estudiar las imágenes mentales de manera que correlacionen el autoinforme con las tareas objetivas. En su trabajo da el siguiente ejemplo: *el miembro fantasma*, que es claramente un caso de imágenes somestésicas. Después de amputar un brazo o una pierna se produce, al parecer en todos los casos, una conciencia alucinatoria de la parte

amputada. En un 10-15% de los casos, el paciente reporta dolor, en los dedos de las manos o de los pies como si estuvieran retorcidos y acalambrados. ¿Es esto un informe de introspección? Se pregunta Hebb, el argumento podría ser, que el dolor es en la mano derecha, pero el paciente no tiene mano derecha, el dolor está realmente en su mente; así que está de sus procesos mentales, lo cual es introspección, "mirar hacia dentro". Pero el argumento es defectuoso. Seguimos con un mecanismo de respuesta al entorno, aunque el mecanismo (porque le falta una pieza) funciona ahora de forma anormal. Ninguna excitación puede originarse en la mano que falta, pero la misma excitación en principio puede surgir en la vía mediante disparos espontáneos en las neuronas, en áreas de procesamientos superiores de la vía. El reporte de esta sensación del miembro fantasma no sería un reporte introspectivo. El punto, según Hebb, es que no trasciende las normas de la psicología objetiva (Hebb, 1968).

Investigaciones posteriores de muchos investigadores notables, como Farah, Finke, Kosslyn, Marks, McKelvie, Paivio, Richardson y Sheehan, se tornaron cada vez más cuantitativas, centrándose en pruebas objetivas de capacidad de obtención de imágenes, además del autoinforme o en lugar de hacerlo (Ernest & Paivio, 1971; Farah, 1984; Finke, 1989; Kosslyn, 1980; Marks, 1972, 1973a, 1973b; Marks & Isaac, 1995; McKelvie & Demers, 1979; Paivio, 1969; Richardson, 1969; Sheehan, 1967, 1972).

Según resume Bill Faw en su trabajo, la mayoría de las investigaciones sobre imágenes mentales evalúan las imágenes mentales como una habilidad en un continuo que va desde su ausencia (con ausencia o muy pobre viveza en las imágenes mentales) hasta la excelencia (con viveza fotográfica). Describe que en una muestra de 2500 personas hasta un 30% marcaban la opción de mayor viveza (los **hiperfantásticos**) mientras solo **entre 2% y 5%** marcaban la menor opción (los **afantásticos**). Donde la

media es más cercana al extremo más “vívido” de la misma, con muchas menos personas en el extremo “no vívido” (Faw, 2009a).

Otro aspecto interesante para resaltar es que cuando en los estudios se evalúan las imágenes en forma multimodal (auditiva, táctil, motriz, olfato y sensaciones corporales) se han encontrado en forma consistente una correlación positiva entre todas las modalidades, sugiriendo un posible rasgo unificado. Sin embargo, esta correlación es moderada, pudiendo haber diferencias en los niveles de viveza entre modalidades. El trabajo de Betts (1909) describía correlaciones que iban entre 0,4 (entre imágenes visuales y olfativas) hasta un 0,78 (entre olfato y gusto) (Betts, 1909; Faw, 2009a). Según Richardson (1994), el análisis factorial ha sugerido que las dos modalidades mecánicas (táctil y motriz) y los dos sentidos químicos (olor y gusto) podrían constituir factores separados (Richardson, 1994). Nuevas investigaciones realizadas en los últimos años, desde la irrupción del término de Afantasia en la literatura científica en 2015, plantean una tendencia en el mismo sentido, como ha sido descrita en el apartado anterior (Dawes et al., 2020, 2023; Hinwar & Lambert, 2021; Takahashi et al., 2023).

Tras las repercusiones obtenidas luego de la publicación de un caso de pérdida abrupta de la capacidad de evocar imágenes mentales en el 2010 (A. Z. J. Zeman et al., 2010), el equipo de Zeman y colaboradores publica en 2015 un trabajo con 21 pacientes con incapacidad congénita de evocar imágenes mentales visuales voluntariamente. En este trabajo titulado “Lives without imagery – Congenital Aphantasia”, propone basándose en los términos utilizados por Aristóteles para denominar la imaginación (“*fantasia*”), denominar esta condición con el término de *Afantasia* (en inglés, *Aphantasia*) (A. Zeman et al., 2015b). En esta publicación, surgieron varias características consistentes: la mayoría de los participantes descubrieron en su adolescencia o a los veinte años, para su sorpresa, que cuando otros hablaban de

"visualizar" objetos en su ausencia, estos otros tenían una experiencia genuinamente "visual"; la mayoría de los participantes, de hecho, tenían alguna experiencia de imágenes visuales de sueños visuales o de "destellos" involuntarios de imágenes que ocurrían, por ejemplo, al inicio del sueño. En general, las consecuencias emocionales de descubrir su afantasia eran modestas; y la mayoría de los participantes consideraban que su memoria autobiográfica era deficiente (A. Zeman et al., 2015b).

A partir del 2015, múltiples publicaciones utilizarían este término para denominar la incapacidad de evocar imágenes mentales visuales en forma voluntaria (Bainbridge et al., 2021; Blomkvist, 2023; Cavedon-Taylor, 2022; Dance et al., 2021, 2022; Dawes et al., 2020; de Vito & Bartolomeo, 2016; Furman et al., 2022; Ganczarek et al., 2020; Grinnel, 2020; Hinwar & Lambert, 2021; Jacobs et al., 2017; Keogh, Pearson, et al., 2021; Keogh, Wicken, et al., 2021b, 2021a; Keogh & Pearson, 2018; Milton et al., 2021; Pounder et al., 2022; Tween, 2019; A. Zeman et al., 2016).

También en el 2015, es publicado otro artículo que creo muy importante para la comprensión de la afantasia como parte extrema en un espectro de la capacidad para evocar las imágenes mentales. Este artículo se titula "The heterogeneity of mental representation: Ending the imagery debate" (J Pearson, 2015), y es parte de una larga serie de artículos debatiendo las representaciones mentales. Debate entre quienes describían las imágenes mentales como representaciones visuales de tipo pictográfico, versus quienes planteaban que las imágenes no eran otra cosa que una referencia simbólica o semántica del contenido observado. Debate rastreable hasta inicios del siglo XX, como ha sido descrito previamente con la oposición de los conductistas al concepto de imagen mental. Pero que toma nuevos aires en la década de 1960 con el advenimiento de la psicología cognitiva y en las décadas de los 1980 y 1990 cuando la neurofisiología y las neuroimágenes empezaron a estar disponibles para la

investigación. Pero esto va a ser comentado en el apartado de neurobiología de las imágenes mentales. Lo cierto es que este debate comenzó a cerrarse con algunas concesiones. La información en el cerebro puede ser almacenada tanto en forma proposicional, simbólica, como el lenguaje; como puede ser almacenada en forma de representación pictográfica y sensorial (y multisensorial). Por lo tanto, el debate debió mudarse a nuevas arenas, para estudiar las diferentes formas de representación mental humanas y sus variantes. En este contexto la afantasia entra a la arena del debate.

## **La Neurobiología de las imágenes mentales:**

Para iniciar este apartado quisiera hacerlo citando el trabajo de Donald Hebb realizar definiciones operativas en su trabajo publicado en 1968 titulado *“Concerning imagery”* (Hebb, 1968): *“En lo que sigue será necesario distinguir entre sensación y percepción, sin suponer que existe una separación tajante entre ellas. La distinción se basa principalmente en consideraciones fisiológicas, pero la evidencia psicológica está de acuerdo. La sensación se define aquí como la actividad de los receptores y la actividad resultante de la vía aferente hasta el área sensorial cortical inclusive; percepción como la actividad central (cortico-diencefálica) que es directamente excitada por la sensación tal como se define. Entonces, para los propósitos de este análisis, la sensación es una entrada lineal a la corteza sensorial, la percepción es la actividad reentrante o reverberatoria de conjuntos de células que se encuentran en la corteza de asociación y estructuras relacionadas”*. En cuanto al patrón de actividad de las imágenes mentales: *“Tanto la imagen mnémica ordinaria como la imagen eidética surgen de la percepción. Como veremos, esto no significa que la imagen de la memoria sea idéntica a la percepción (aunque las imágenes eidéticas pueden serlo),.... La percepción de cualquier objeto que no sea el más simple no puede considerarse como un patrón estático de actividad isomorfa con el objeto percibido, sino que debe ser un patrón temporal o secuencialmente organizado. La misma afirmación, al parecer, se aplica a la imagen de la memoria*. En la lucides de las palabras de Donald Hebb, ya se distinguían procesos temporal y secuencialmente organizados en el espacio, de tipo abajo-arriba (bottom-up) para la sensación y procesos de tipo arriba-abajo (Top-down) para la percepción. A su vez, describe que el patrón que debe recorrer la imagen mental debe ser similar (no igual) al de la percepción, por lo tanto, de arriba-abajo (top-down).

Interesantemente, estas observaciones serán confirmados muchos años más tarde (Dentico et al., 2014; Dijkstra et al., 2018, 2019; Dijkstra, Zeidman, et al., 2017).

En el debate sobre la naturaleza de las representaciones mentales en general y las imágenes mentales en particular, encuentro en Martha Farah el primer punto de contacto entre la psicología, la clínica y la biología. Siendo una de las primeras investigadoras que hizo el salto desde la descripción neuropsicológica y clínica de pacientes con pérdida de las capacidad de evocar imágenes mentales como resultado de lesiones cerebrales (Botez et al., 1985; Farah, 1984; Farah, Levine, et al., 1988; Levine et al., 1985), a la utilización de instrumentos de medición objetiva como el EEG y los Potenciales Evocados para intentar comprender la relación entre la neurofisiología de las imágenes mentales y las imágenes percibidas (Farah, 1987; Farah, Péronnet, et al., 1988).

Una de las primeras observaciones de Farah (Farah, 1984), provenientes de la comparación de reportes de casos, era que se podía observar un patrón consistente en los pacientes con incapacidad de generar imágenes mentales. El examen de las localizaciones de las lesiones en este subconjunto de pacientes implicaba a una región de los hemisferios posteriores izquierdos, crítica para el proceso de generación de imágenes (lo que sugería lateralización del proceso); el análisis también aportó pruebas de que las memorias visuales a largo plazo utilizadas en la imagería también se utilizan en el reconocimiento, aspecto también encontrado en afantásicos congénitos (Monzel, Vetterlein, Hogeterp, et al., 2023; A. Zeman et al., 2020); y que el sueño y la imagería visual de vigilia comparten algunos procesos subyacentes (hecho

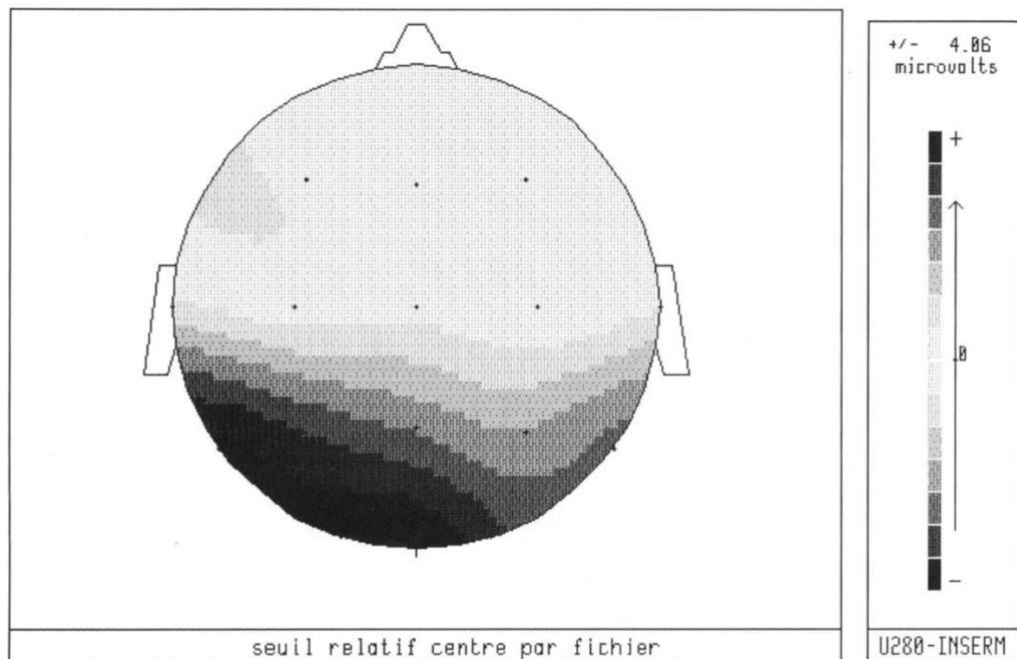
evidenciado más recientemente en que su afección es más frecuente en afantásicos congénitos (Dawes et al., 2020; A. Zeman et al., 2015b)).

Otros investigadores, como por ejemplo Botez en 1985, también realizaron publicaciones de casos de pacientes similares, describió a un paciente de 38 años que presentaba un déficit en la imaginería visual acompañado de una capacidad defectuosa para soñar, pérdida de la imaginería hipnagógica, algunos defectos en la memoria topográfica, una negligencia espacial unilateral derecha leve y dificultades leves en la orientación derecha-izquierda en el cuerpo del examinador. Estudios de TAC y RMN mostraron evidencias de una hipoplasia congénita del hemisferio derecho y un cuerpo calloso estirado en su parte posterior y superior (Botez et al., 1985).

En 1988 Farah, publica un estudio titulado *“Electrophysiological Evidence for a Shared Representational Medium”* (Farah, Péronnet, et al., 1988), donde se pregunta *“¿Las imágenes mentales implican la activación de representaciones en el sistema visual?”*. Farah reflexionaba que, si las imágenes afectaban el procesamiento de estímulos en las etapas tempranas y específicas de la modalidad de representación de estímulos, esto implicaría que las representaciones de estímulos compartidas son visuales; mientras que, si las imágenes afectaban el procesamiento de estímulos sólo en etapas posteriores amodales, de representación de estímulos, esto hubiera implicado que las imágenes involucrarían aspectos más abstractos. Para abordar a esta pregunta, realizó tareas de percepción e imaginación mientras registraba Potenciales Relacionados con Eventos (ERPs) utilizando un equipo de EEG con 16 electrodos en el cuero cabelludo. De la observación del curso temporal y la distribución en el cuero cabelludo del efecto de la imaginería en el potencial evocado de los estímulos, pudieron

limitar el lugar de las representaciones compartidas para la imaginación y la percepción (localización de fuentes). Observaron, un efecto de la imaginación en los 200 ms siguientes al estímulo, en la latencia del primer componente negativo del potencial evocado visual, localizado en las regiones temporal occipital y temporal posterior del cuero cabelludo, es decir, directamente sobre la corteza visual. Este hallazgo, fue uno de los primeros en la era moderna de la investigación, en respaldar la afirmación de que las imágenes mentales interactúan con las percepciones en el sistema visual propiamente dicho.

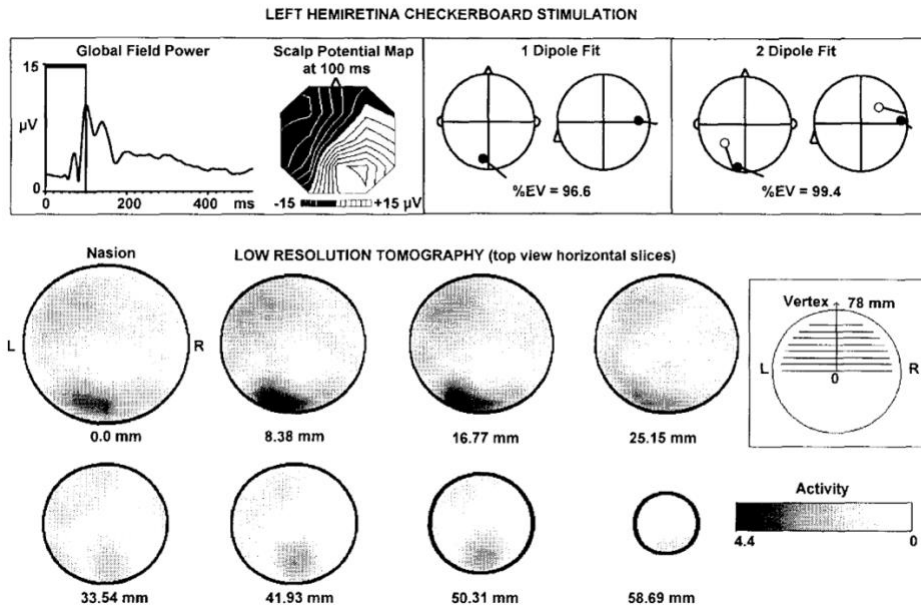
En el año 1988, el equipo de Farah publicaría otro trabajo en la misma línea de investigación titulado "*Brain Activity Underlying Mental Imagery: Event-related Potentials During Mental Image Generation*", donde se plantea investigar dos asuntos. Primero, si las imágenes mentales visuales son procesadas por áreas específicas de esta modalidad sensorial. Y el segundo asunto era la evaluar si hay especialización hemisférica en el procesamiento de imágenes mentales. Para ello comparaba, en sujetos sanos, los Potenciales Relacionados con Eventos registrados bajo dos condiciones. En la primera tarea los sujetos debían leer una palabra, y en la segunda debían leer la misma palabra e inmediatamente evocar una imagen mental voluntaria de la palabra referida. Al comparar los resultados de ambas tareas, los investigadores encontraron que la tarea de imaginación producía mayor activación de áreas occipitales y temporales posteriores, lo cual era consistente con la idea de "modalidad específica". También notaron que esta activación era asimétrica en el potencial evocado producido por la tarea de imaginación, consistente con la idea de especialización hemisférica (lateralización) para la formación de las imágenes visuales (**Ver figura 6**) (Farah et al., 1989).



**Figura 6:** Distribución topográfica de la positividad asociada con la generación de imágenes en el experimento 1 a 714 ms, obtenida restando el ERP de referencia de palabras abstractas del ERP de imágenes de palabras concretas (Farah et al., 1989).

En el mismo año, Farah publica un nuevo trabajo de utilizando ERPs, donde describen que la generación de imágenes mentales involucra la activación de áreas visuales en la corteza occipital preestriada, la corteza parietal y temporal, y que estas áreas representarían los mismos tipos de información visual especializada en las imágenes que en la percepción (Farah, 1989).

En el 1994, Pascual-Marqui y colaboradores, publicaba el trabajo “*Low resolution electromagnetic tomography (LORETA): a new method for localizing electrical activity in the brain*”. El cual permitiría dar un salto hacia adelante en la capacidad de localizar la actividad eléctrica de fuentes cerebrales registradas por equipos de electroencefalografía de múltiples canales, pudiendo ahora dar una comprensión tridimensional de su origen (**ver Figura 7**) (Pascual-Marqui et al., 1994).

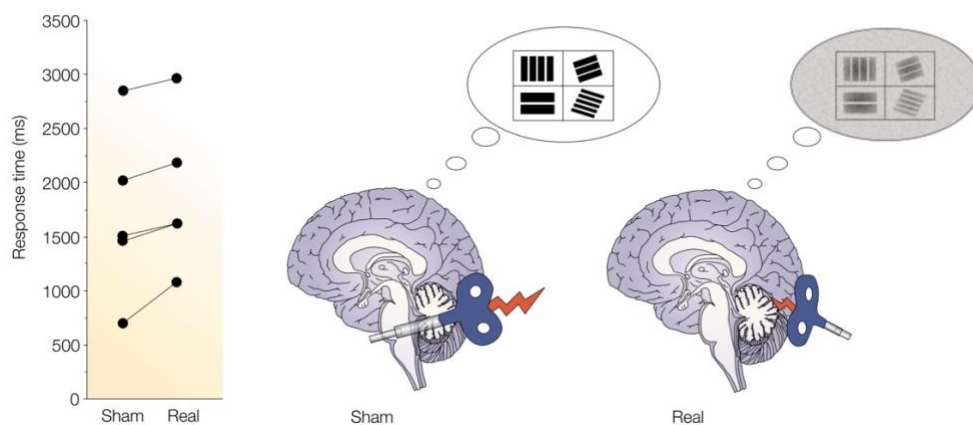


**Figura 7:** Ejemplo de “Low resolution brain electromagnetic tomography (LORETA)”, Imágenes que representan la fuerza de densidad de corriente estimada correspondiente a la respuesta P100 a la estimulación del tablero de ajedrez de la hemiretina izquierda (Pascual-Marqui et al., 1994).

En el año 1995, David F. Marks utiliza técnicas de mapeo cerebral para investigar la distribución topográfica de la actividad electroencefalográfica (EEG) que acompaña a las imágenes mentales visuales y motoras. Para este fin, seleccionó a los participantes de acuerdo con la viveza de sus imágenes mentales utilizando el VVIQ. Los mapas topográficos de la activación del EEG revelaron que la onda alfa estaba atenuada en imágenes vívidas durante las imágenes mentales visuales, particularmente en el cuadrante posterior izquierdo de la corteza, pero aumentaba durante las imágenes motoras. Según describe, las diferencias entre aquellos con imágenes vívidas y no vívidas tenían diferencias en ambos hemisferios y la localización de fuentes, pero no aclara más (Marks & Isaac, 1995).

En 1996, el equipo de Shlomo Bentin publicaba otro trabajo realizado con PRE, donde describía la selectividad de la onda N170 a caras en distintos formatos (Bentin et al., 1996).

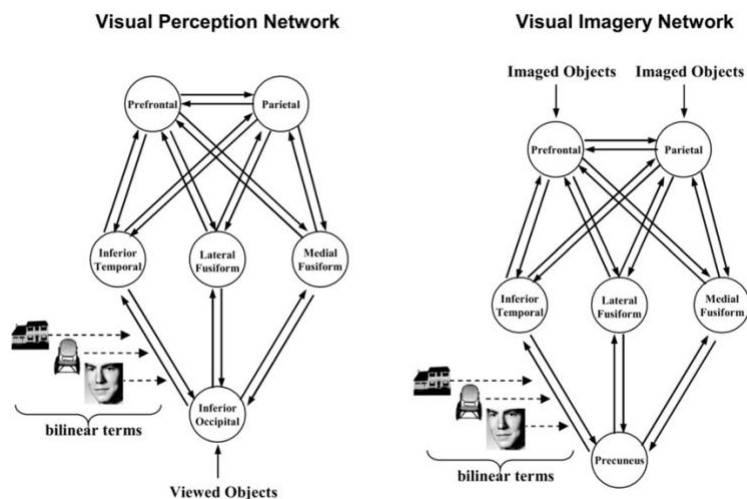
En el año 1999, Kosslyn, Pascual-Leone y colaboradores, describe el rol del Área 17, en la corteza visual temprana, en las imágenes mentales visuales. Para ello utilizaron la Tomografía por Emisión de Positrones (TEP) y la Estimulación magnética transcranial repetitiva (EMTr). Primero utilizaron el TEP mientras los sujetos visualizaban imágenes mentales, constatando la participación del área 17. Luego, aplicaron la EMTr en el área occipital medial, antes de repetir la tarea anterior, comprobando que el rendimiento se vio afectado después de la rTMS en comparación con una condición de control simulada (**Ver Figura 8**) (Kosslyn et al., 1999).



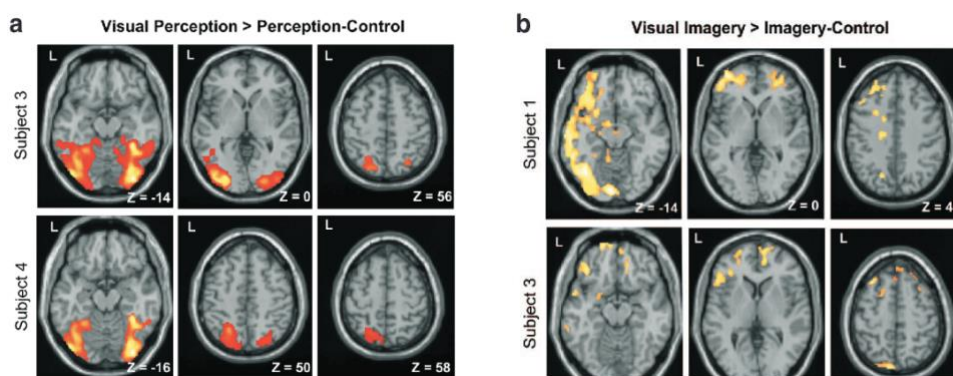
**Figura 8:** Representación gráfica de la tarea realizada en el trabajo titulado “The Role of Area 17 in Visual Imagery: Convergent Evidence from PET and rTMS” (Kosslyn et al., 1999), reproducida en el artículo de revisión titulado “Neural foundations of Imagery” (Kosslyn et al., 2001).

En el año 2004, Mechelli y colaboradores presentan un trabajo que considero ha sido muy útil en la evolución de la comprensión de los procesos que ocurren al percibir y al imaginar, puesto que da cuenta de la dinámica de los procesos. El mismo se tituló “*Where Bottom-up Meets Top-down: Neuronal Interactions during Perception and Imagery*”. En este artículo, combinaron RMNf y un modelado causal dinámico para investigar las interacciones neuronales entre las regiones occipitotemporal, parietal y frontal, durante la percepción visual y las imágenes mentales visuales de rostros, casas y sillas, en sujetos sanos. Sus resultados indicaron que, durante la percepción visual, los

patrones de activación selectivos de categorías en la corteza extraestriada estaban mediados por conexiones directas sensibles al contenido desde áreas visuales tempranas (de tipo Bottom-up o abajo-arriba). Por el contrario, durante las imágenes mentales visuales, la activación selectiva de categorías estaba mediada por conexiones hacia atrás sensibles al contenido desde la corteza prefrontal (de tipo Top-down o arriba-abajo). Adicionalmente, observaron conectividad no relacionada con el contenido entre la corteza parietal y las regiones selectivas de categoría, tanto durante la percepción como durante las imágenes mentales. Revelando que las interacciones neuronales entre las regiones occipitotemporal, parietal y frontal dependen de la tarea y del estímulo. Las representaciones sensoriales de rostros y objetos estaban mediadas por mecanismos ascendentes que surgían en las áreas visuales tempranas y mecanismos de arriba hacia abajo que surgían en la corteza prefrontal, durante la percepción y las imágenes mentales, respectivamente. Además, los procesos no selectivos y descendentes, que se originan en las áreas parietales superiores, contribuyeron a la generación de imágenes mentales, independientemente de su contenido (**ver Figura 9 y 10**) (Mechelli et al., 2004b).



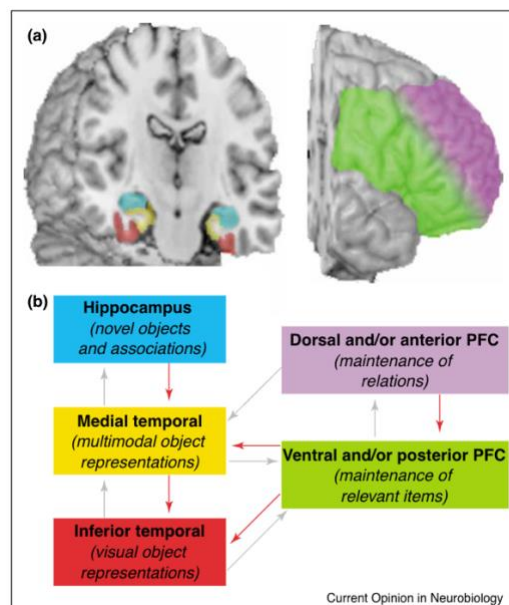
**Figura 9:** Representación gráfica de los diagramas de flujo de la información durante la percepción visual y la generación de imágenes mentales, propuesta por Mechelli et al (Mechelli et al., 2004b).



**Figura 10:** El análisis de mapeo estadístico paramétrico identificó dos redes corticales que se activaban durante la percepción visual y las imágenes visuales, respectivamente. La corteza occipital inferior, la corteza parietal superior y varias regiones de la corteza occipital y temporal mostraron una mayor activación durante la percepción visual en relación con el control de la percepción ( $P < 0,001$ , sin corregir) (Figura 10.a); El precuneus, la corteza parietal superior, la corteza prefrontal y una serie de regiones en la corteza occipito-temporal mostraron una mayor activación durante las imágenes visuales en relación con el control de las imágenes ( $P < 0,001$ , sin corregir) (Figura 10.B) (Mechelli et al., 2004).

En el 2004, Yomogida y colaboradores publican un artículo donde estudian la síntesis visual mental, que es la capacidad de experimentar, construir o manipular “imágenes mentales”, utilizando tareas de imaginería visual en sujetos sanos y RMNf. Sus hallazgos indicaron que la síntesis visual mental se origina en la red frontotemporal del hemisferio izquierdo (Yomogida et al., 2004).

El siguiente año, Ranganath y D'Esposito (2005), describieron que la evidencia de estudios lesionales, estudios neurofisiológicos de una sola unidad y estudios de neuroimagen mostraron que los procesos de memoria de trabajo visual se asocian consistentemente con una actividad sostenida en las neuronas temporales inferiores selectivas de objetos. Además, los resultados de estos estudios sugieren que la actividad mnemotécnica en la corteza temporal inferior está, a su vez, respaldada por entradas de arriba hacia abajo de regiones multimodales en la corteza prefrontal y temporal medial, en algunas circunstancias, del hipocampo (**ver figura 11**) (Ranganath & D'Esposito, 2005).

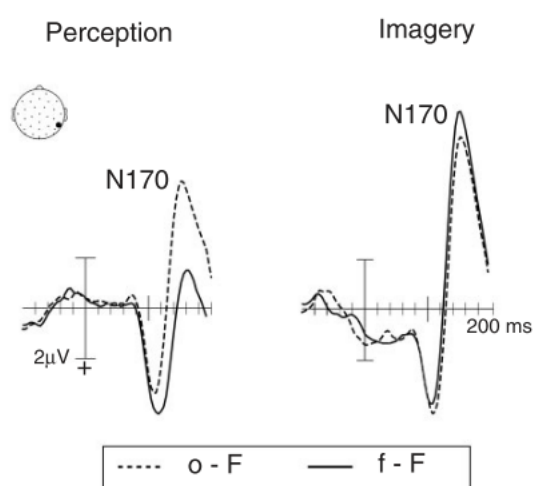


**Figura 11:** Regiones del cerebro implicadas en el procesamiento visual de la WM. (a) Se han observado correlatos neuronales del mantenimiento de la WM visual en las áreas corticales temporales inferior (roja) y medial (amarilla). Además, resultados recientes sugieren que el hipocampo (azul) contribuye al mantenimiento de objetos visuales novedosos. Dentro de la PFC lateral, la evidencia sugiere una distinción relativa entre las regiones dorsal y/o anterior (BA 9, 10 y 46; púrpura) y las regiones ventral y/o posterior (BA 6/8, 44, 45 y 47; verde). (b) Las conexiones neuroanatómicas entre estas regiones, junto con los resultados revisados aquí, sugieren que las representaciones de objetos visuales temporales inferiores pueden reactivarse a través de la retroalimentación del PFC y/o los lóbulos temporales mediales. *Current Opinion in Neurobiology* 2005,15:175–182 (Ranganath & D'Esposito, 2005)

También en el 2005, un trabajo describe como las imágenes mentales visuales inducen la activación de áreas retinotópicamente organizadas para la percepción visual en las áreas visuales tempranas (Slotnick et al., 2005).

En 2007, otro trabajo realizado con RMNf, compara la generación de imágenes mentales en distintas modalidades sensoriales y la influencia de su viveza, para lo que utilizaron la versión Italiana del Cuestionario de Imágenes mentales (QMI). Según refiere el artículo, encontraron una mayor participación de las cortezas sensoriales específicas en los sujetos con mayor viveza para las imágenes visuales (occipitales), gustativas (ínsula anterior), cinestésicas (premotoras), y táctiles y somáticas (poscentrales parietales) (Olivetti Belardinelli et al., 2009).

En el año 2008, Ganis y Schendan describen en su artículo que, las imágenes mentales y la percepción, producen un efecto adaptativo opuesto ante la repetición en los potenciales evocados (N170) en las áreas visuales tempranas (**ver figura 12**) (Ganis & Schendan, 2008).



**Figura 12:** Efectos de adaptación de N170 perceptual (izquierda) e imagería (derecha) en caras de prueba. Los datos son para caras de prueba (F) precedidas por adaptadores de cara o de objeto de control (percibidos o visualizados), lo que da como resultado pruebas f - F (línea discontinua) y o - F (línea continua), respectivamente. Resultados de ERP promedio general entre -100 y 200 ms en el sitio occipitotemporal derecho indicado en el encabezado esquemático. Los datos están referenciados al promedio de todos los sitios y se traza el voltaje negativo. Los adaptadores faciales suprimen el N170, mientras que los adaptadores de imágenes lo mejoran (en relación con los adaptadores de objetos) (Ganis & Schendan, 2008, 2011).

En el año 2010, Zeman y equipo publican el caso de pérdida abrupta de la capacidad de evocar imágenes mentales tras una angioplastia, que da origen a sus estudios sobre la Afantasia (A. Z. J. Zeman et al., 2010).

A su vez, el Dr. Jian Li publica un artículo donde refleja los efectos dinámicos de la generación de imágenes mentales, utilizando EEG para el análisis del cambio de espectro durante los primeros 300ms, mientras se realizaban tareas de imaginación parcial y holística de dibujos realizados con trazos de líneas simples. Sus resultados indicaron menor latencia en las imágenes mentales parciales. Sus resultados indicaron menor latencia para las imágenes mentales parciales y una topografía distribuida entre áreas frontales y temporales centrales (Li et al., 2010).

En el año 2012, un trabajo de Borst y colaboradores describieron que las regiones frontales integran el contenido del "qué" y el "dónde" de nuestros pensamientos en una escena imaginada visualmente. Según describen los autores, estas regiones frontales orquestan regiones occipitales-temporales remotas (incluido el surco calcarino y la circunvolución parahipocampal) que codifican las representaciones detalladas de los objetos, y regiones parietales "dónde" que codifican el diseño espacial para formar una imagen mental coherente. Específicamente, la circunvolución frontal superior mesial parece tener un papel integrador principal, ya que su actividad durante la visualización de la escena predice el desempeño posterior en la tarea de visualización. Para ello, realizaron un estudio combinando resonancia magnética funcional y electroencefalografía, para examinar la red de todo el cerebro que subyace a las

imágenes visuales de escenas complejas, e investigaron las propiedades espectro-temporales de sus nodos, especialmente de la corteza frontal (De Borst et al., 2012).

En 2014, el equipo de la dra. Daniela Dentico publica un trabajo que considero seminal porque introduce el concepto de la “*reversión del flujo de las señales corticales*”. Para ello examinaron el papel de las conexiones ascendentes y descendentes durante la percepción visual y la formación de imágenes mentales mediante el análisis de registros EEG de alta densidad de la actividad cerebral utilizando dos métodos de última generación para evaluar la direccionalidad del flujo de señales corticales. Luego cuantificaron la direccionalidad del flujo de las señales, en una red cortical occipito-parieto-frontal durante la percepción de fragmentos de películas versus la reproducción mental de las películas y las imágenes visuales libres. Tanto los análisis de causalidad de Granger como los de modelado causal dinámico revelaron un mayor flujo de señales de arriba hacia abajo en las cortezas parietooccipital durante la visualización mental en comparación con la percepción visual. Estos resultados fueron la primera demostración directa de una inversión de la dirección predominante del flujo de señales corticales durante la visualización mental en comparación con la percepción (Dentico et al., 2014).

En el año 2015, las personas que no eran capaces de evocar imágenes mentales en forma voluntaria fueron bautizados con un término, la Afantasia (A. Zeman et al., 2015b).

En este año, el equipo de Naseralis, publica un artículo donde describe que la actividad cerebral generada al evocar una imagen mental pudo ser utilizada para realizar

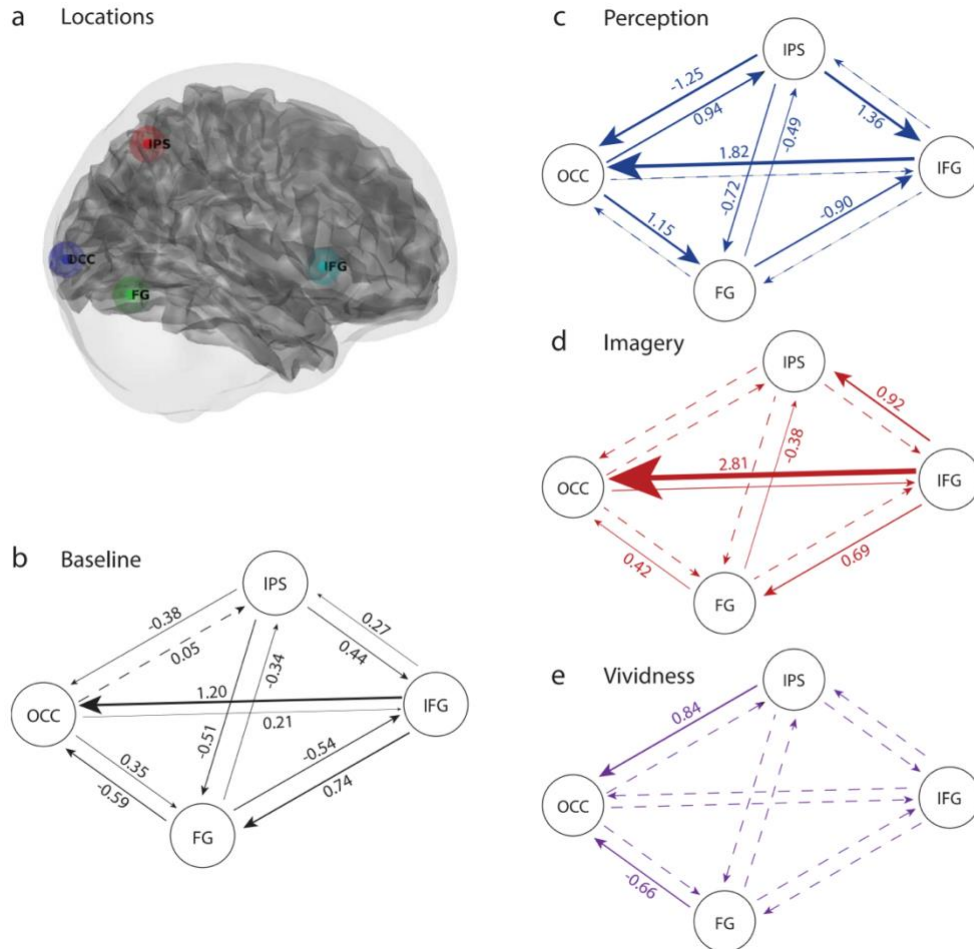
una búsqueda de imágenes por internet. Esto fue realizado gracias a un modelo de codificación voxel para áreas visuales tempranas, que logró decodificar imágenes mentales de escenas recordadas. Dando apoyo a la hipótesis de que las características visuales de bajo nivel de las imágenes mentales estarían codificadas por la actividad en la corteza visual temprana (Naselaris et al., 2015).

En el mismo año, Suess y Rahman, publicaron un trabajo analizando las imágenes mentales de las emociones mediante ERPs en respuesta a las expresiones emocionales de caras. Para ello analizan la negatividad posterior temprana (NPT o en inglés EPN) asociada a el aumento de la atención y a la percepción de estímulos afectivos y la positividad centro-parietal tardía (en inglés LPP) vinculada a la evaluación de la relevancia intrínseca del estímulo emocional. Sus hallazgos describieron similitud de las respuestas del cerebro a las fuentes de emociones generadas internamente y externas (Suess & Abdel Rahman, 2015).

En el año 2017, el equipo de Nadine Dijkstra publica dos trabajos que considero de importancia para la comprensión de la neurobiología de las imágenes mentales. El primero titulado “*Distinct Top-down and Bottom-up Brain Connectivity During Visual Perception and Imagery*”, donde explora los mecanismos subyacentes que diferencian la percepción de la imaginación. Para ello, examinaron el acoplamiento dirigido (conectividad efectiva) entre las áreas frontoparietales y visuales durante la percepción y la imaginación visual. Encontraron un aumento en el acoplamiento de abajo hacia arriba durante la percepción en relación con la línea de base y un aumento en el acoplamiento de arriba hacia abajo durante la percepción y la imaginación visual, con un aumento mucho más fuerte durante la imaginación. La modulación del acoplamiento desde las

áreas frontales hasta las primeras áreas visuales era común tanto a la percepción como a la imaginación. Además, mostraron que la viveza experimentada durante la imaginación se asoció selectivamente con aumentos en la conectividad de arriba hacia abajo con la corteza visual temprana (**ver figura 12**). Estos resultados resaltaron la importancia del procesamiento de arriba hacia abajo tanto durante la percepción como durante la imaginación (Dijkstra, Zeidman, et al., 2017).

El segundo trabajo publicado ese año, se titula “*Vividness of Visual Imagery Depends on the Neural Overlap with Perception in Visual Areas*”, donde describen que las imágenes mentales visuales dependen de la actividad de una amplia red de áreas cerebrales, incluidas las áreas frontales, temporales, parietales y visuales. Y demostraron que el solapamiento de la actividad neuronal entre las imágenes y la percepción en todo el sistema visual se correlaciona con la intensidad de las imágenes experimentadas. Esto demostró que la base neural de la intensidad de las imágenes era mucho más complicada de lo que parecían sugerir los estudios previos sobre las diferencias individuales (**ver Figura 13**) (Dijkstra, Bosch, et al., 2017).



**Figura 13:** Influencias en la conectividad efectiva. Las conexiones con líneas continuas tenían una probabilidad posterior (Pp) de al menos 0,95. Los números indican la fuerza del acoplamiento dirigido (en Hz), con un signo menos que indica influencias inhibitorias. La anchura de las flechas es proporcional a la fuerza del acoplamiento. (a) Localización de las diferentes ROI de un sujeto. (b) Parámetros de la matriz A que refleja la conectividad durante la línea de base, es decir, en ausencia de influencias experimentales. (c) El efecto de la percepción. (d) El efecto de las imágenes. (e) El efecto de la intensidad (Dijkstra et al., 2017).

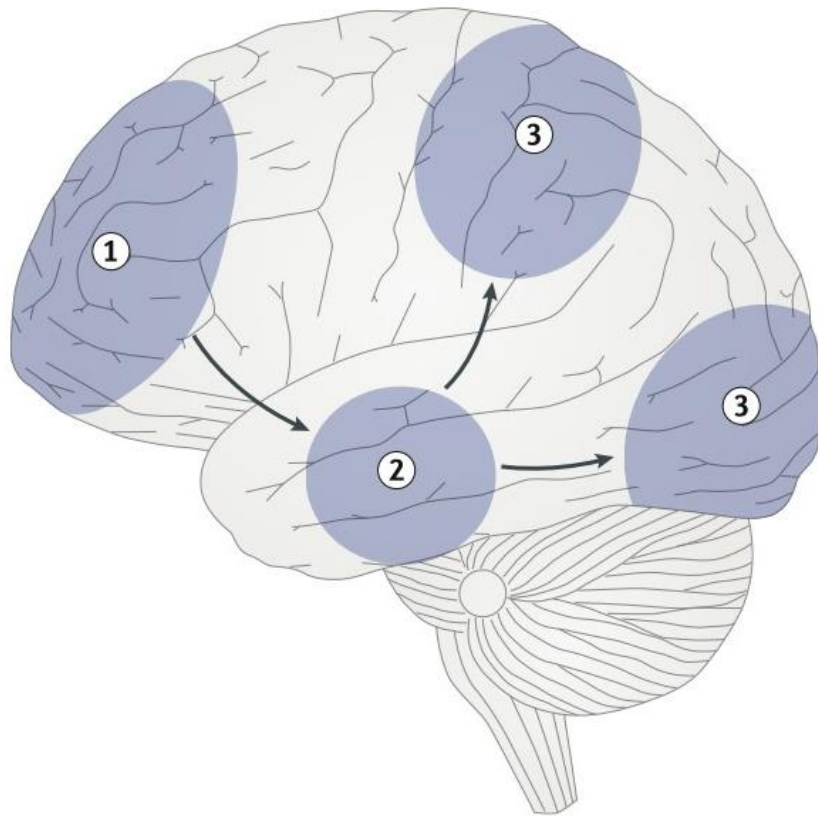
En el 2018, Dijkstra y su equipo publican otro artículo investigando dinámica de las imágenes visuales en participantes humanos mediante magnetoencefalografía (MEG). Describieron que había un solapamiento constante entre el procesamiento de las imágenes mentales y el de la percepción alrededor de 150 ms y a partir de 300 ms después del inicio del estímulo, presumiblemente reflejando la finalización del barrido de avance y la estabilización perceptiva, respectivamente. (Dijkstra et al., 2018)

En el año 2019, dos trabajos realizan las mejores síntesis del conocimiento sobre el funcionamiento de las imágenes mentales. Los trabajos de Pearson (Pearson, 2019) y de Dijkstra (Dijkstra et al., 2019). Por lo tanto, en adelante intentaré una síntesis de lo hasta aquí descripto.

La neurobiología de las imágenes mentales implica la participación de grandes redes neuronales, abarcado desde áreas frontales hasta las áreas sensitivas primarias. La neurociencia de las imágenes mentales podría ser dividida según si se estudia los mecanismos de activación del proceso, los mecanismos de generación y manipulación, o los mecanismos que sostienen la viveza de las imágenes mentales y su superposición con la percepción sensorial (Pearson, 2019).

Para la creación de las imágenes mentales o *“visión al revés”*, se presume que las imágenes mentales voluntarias se basarían en combinaciones de información recuperada de la memoria almacenada. Un modelo funcional muy simple para la generación de imágenes mentales voluntaria emerge de los trabajos de Dentico y Dijkstra: *“una jerarquía visual inversa”*. En sujetos capaces de tener imágenes mentales, la acción mental inicial para crear una imagen mental comenzaría alta en la jerarquía de procesamiento cortical, en la corteza frontal (**paso 1**). Esto desencadenaría una cascada de eventos neuronales, que se ejecutan "hacia atrás", que a continuación recuperaría la información almacenada o memorias de regiones posteriores, como las áreas temporales mediales (**paso 2**). Luego continuando su recorrido hacia áreas sensitivas primarias, occipitales en el caso de las imágenes mentales visuales, donde se formarían representaciones sensoriales y espaciales del contenido de las imágenes (**pasos 3**). Si la representación "solicitada" implicara el movimiento y las ubicaciones

espaciales, entonces otras áreas como el área temporal media y los lóbulos parietales también estarían involucradas (**ver figura 14**) (Dentico et al., 2014; Dijkstra, Zeidman, et al., 2017; Pearson, 2019) .



**Figura 14:** Un modelo general de arriba hacia abajo de las imágenes mentales voluntarias: una jerarquía inversa. 1: Áreas de la corteza Frontal; 2 Áreas de la corteza Temporal; 3 Áreas de las cortezas Occipital y Parietal (Pearson, 2019)

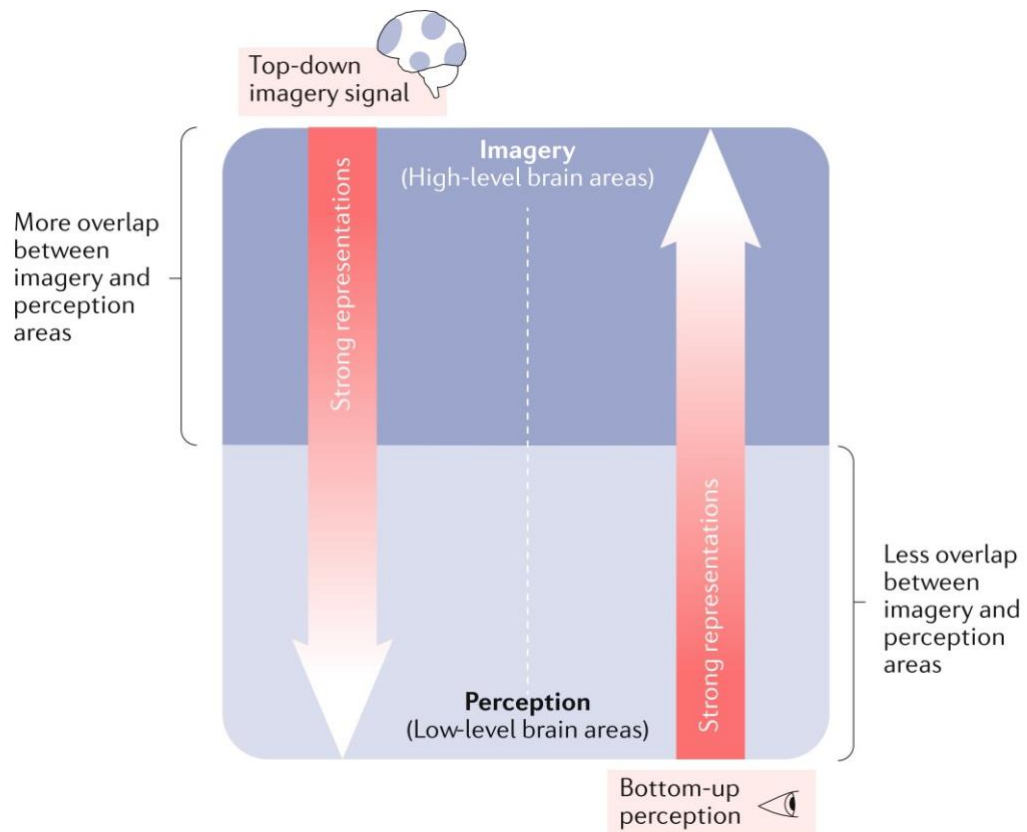
Las **áreas frontales**, estarían involucradas en la formación y manipulación de imágenes mentales (Mechelli et al., 2004b; Ranganath & D'Esposito, 2005; Yomogida et al., 2004). Esto sugiere que las áreas frontales desempeñan un papel organizativo o ejecutivo más general en la coordinación de áreas espaciales y sensoriales, además de mantener representaciones de imágenes o contenido per se. La corteza frontal aparece como un área activa en muchos estudios de resonancia magnética funcional (RMNf), así como también en estudios de neurofisiológicos de potenciales evocados y mapeo

cerebral mediante encefalografía (Mechelli et al., 2004b; Mellet et al., 1996; Pearson, 2019; Ranganath & D'Esposito, 2005; Yomogida et al., 2004).

Las cortezas **temporal medial e inferior y los hipocampos**, contribuirían activamente en la mantención de las representaciones de objetos en la memoria de trabajo visual (y multimodal) (**ver figura 11**) (Ranganath & D'Esposito, 2005; Yomogida et al., 2004).

La participación de la **Corteza Visual** en la generación de las imágenes mentales, en particular de **V1**, ha dominado gran parte de las publicaciones de las últimas dos décadas (Pearson, 2019; Pearson & Westbrook, 2015). Los estudios de Resonancia Magnética Nuclear funcional, sugieren que las imágenes mentales en las áreas visuales tempranas se componen de las mismas características visuales que la percepción visual aferente, es decir que se conserva un patrón de actividad cortical muy similar en el area V1 tanto al “ver” como al “imaginar” la misma imagen. Es más, se puede entrenar algoritmos computacionales para revertir el proceso de decodificación e identificar con gran precisión las imágenes mentales, he incluso su superficie ha sido vinculada (en forma inversa) con la viveza de las imágenes mentales (Naselaris et al., 2015; R Koenig-Robert, 2019). Es interesante notar que en pacientes con diagnóstico de Esquizofrenia el area V1 así como el número de neuronas en esa área está reducido en un 25% en comparación con sujetos sanos (muy superior al 2% de reducción general del cerebro) y reportan una mayor viveza de las imágenes mentales (Dorph-Petersen et al., 2007; Ji et al., 2019; R Maróthi, 2018). Similar relación se encuentra en pacientes con Síndrome de Estrés Posttraumático que reportan formas más vívidas de imágenes mentales también tiene áreas V1 más pequeñas (LL Chao, 2012; N Morina, 2013; Pearson, 2019).

Por otro lado un tamaño más pequeño de V1 también predice un mayor tamaño de áreas frontales relacionadas con su control de arriba abajo (top-down), lo cual podría explicar la capacidad de una mayor viveza en las imágenes mentales (C Song, 2011; Pearson & Keogh, 2019). De hecho, la viveza en las imágenes mentales visuales está directamente vinculada a la presencia de mayor conectividad de arriba abajo (top-down) desde áreas corticales frontales a cortezas visuales tempranas posteriores (Dijkstra, Zeidman, et al., 2017). Por otro lado, los patrones de actividad comunes entre la percepción y las imágenes mentales que emergen desde V1 se vuelven cada vez más similares con la ascensión en la jerarquía del procesamiento visual (Pearson et al., 2015). Esta tendencia en la jerarquía visual se adapta bien al modelo general de la dinámica de las imágenes mentales (**ver figura 15**) (Pearson, 2019). Por lo tanto, si las imágenes mentales voluntarias son un caso de memoria sensorial de arriba hacia abajo (top-down), que partiendo de áreas corticales anteriores frontales, luego áreas corticales temporales y/o parietales dependiendo del contenido (descriptivo o espacial), finalmente debería reclutar áreas corticales visuales posteriores similares a las activadas por las mismas imágenes al ser percibidas. A partir de esto, Pearson plantea, que las áreas visuales de nivel superior (por ejemplo, el área visual 3 y el área facial fusiforme) que están físicamente y/o sinápticamente más cerca de la fuente del desencadenante (corteza prefrontal o el temporal medial), tendrían representaciones de mayor similaridad a una percepción que áreas más distantes como V1 (**ver figura 15**) (Pearson, 2019).



**Figura 15:** Representación gráfica que muestra las dos corrientes: La percepción de abajo hacia arriba e imágenes voluntarias de arriba hacia abajo. Las imágenes voluntarias y la percepción tienen una mayor superposición en áreas de alto nivel (azul oscuro) que en áreas de nivel inferior (azul claro). Esta representación gráfica podría no sostenerse para imágenes involuntarias (Pearson, 2019).

Las vías visuales han sido habitualmente divididas en dos vías principales, la **Vía Ventral** y la **Vía Dorsal**, ambas conectan áreas visuales posteriores (occipitales) con áreas de procesamiento superior anteriores (prefrontales) atravesando las cortezas temporal y parietal respectivamente. La vía ventral, también conocida como la “Vía del Qué” (What Pathway) está asociada a las propiedades de los objetos. Cuando esta vía está dañada la capacidad de percibir objetos y visualizar su forma está afectada. Por otro lado la Vía Dorsal, también llamada “Vía del donde” (Where Pathway), está asociada con la localización espacial, y su daño genera alteraciones en la habilidad para visualizar la ubicación espacial o transformaciones espaciales (Kosslyn et al., 2001; Levine et al., 1985; Pearson, 2019). La evidencia sostiene paralelismos en el

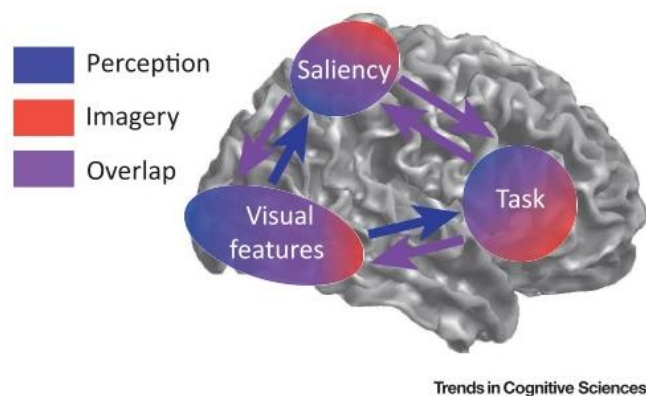
procesamiento entre la percepción y las imágenes mentales respecto a estas dos vías de procesamiento visual. Los pacientes afantásicos, pueden perfectamente manipular información espacial, aunque al mismo tiempo no pudieran producir una imagen mental visual voluntaria de los mismos objetos manipulados (Keogh & Pearson, 2018; Pearson, 2019; Zhao & Sala, 2018).

Las imágenes mentales pueden ser **voluntarias**, de arriba a abajo (Top-Down), o **involuntarias** de abajo a arriba (bottom-up). Un claro ejemplo de imágenes mentales **involuntarias** son las imágenes que se presentan en los sueños. Ejemplos famosos de imágenes mentales en los sueños pueden explicar desde premios novel hasta disrupciones en la innovación creativa, pasando por el caso de Friedrich Kekulé, que en sueños visualizó la forma anular de las moléculas de benzeno, a la idea de Otto Loewi que soñó con el diseño de un experimento que luego le permitiría describir la transmisión química de los impulsos nerviosos, hasta una solución al diseño de la primer máquina de cocer por Elías Howe que le valdría la creación de una industria (Vyshedskiy et al., 2019). Las imágenes mentales presentes durante el sueño, aparentemente se diferenciarían de las presentes durante el control voluntario consciente, en que el proceso no sería controlado por áreas de la corteza frontal, en específico la Corteza Prefrontal Izquierda, que durante el sueño estaría inactiva, sino que se iniciaría desde cortezas visuales posteriores en un proceso de abajo hacia arriba (bottom-up). Esto es confirmado tanto por estudios de neuroimágenes con RMNf como por estudios lesionales, donde lesión de la corteza prefrontal izquierda no afectaría las imágenes mentales durante el sueño (Vyshedskiy et al., 2019). ¿Sería esta ausencia de control la que posiblemente permita la reconstrucción alternativa o creativa en los sueños? ¿La presencia de sueños en los afantásicos, estará relacionada con una afección exclusiva

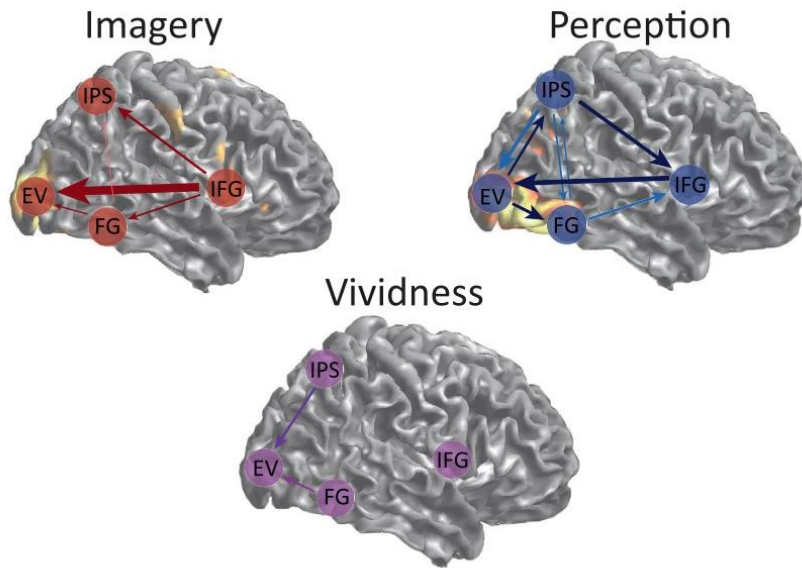
de procesos Top Down? Otros ejemplos de imágenes mentales involuntarias, son las que ocurren mientras estamos despiertos. Por ejemplo las que son disparadas por una asociación, activando áreas temporales mediales e inferiores junto a visuales primarias (Pearson & Westbrook, 2015). Automatismos como el “relleno perceptual del color” al ver imágenes en blanco y negro que habitualmente vemos en color, activando áreas visuales primarias V1-V2 (M Meng, 2005). O efectos de primación pre-consciente que facilitan la percepción subsiguiente activando patrones en áreas visuales primarias V1, correspondientes a modelos visuales de las subsiguiente imagen probable aún no presentada (P Kok, 2014). En todos estos ejemplos, la participación de cortezas sensoriales primarias correspondientes es la norma. La activación en forma de abajo hacia arriba (bottom-up), también es parte de la norma. Lo que no está claro es si en los casos de imágenes mentales involuntarias la participación de las cortezas superiores (cortezas prefrontales) es necesaria, aunque parece lógico que no debiera ser necesario su involucramiento para generar imágenes involuntarias (Pearson, 2019). Esto sería clave para comprender la disociación clínica que evidencia nuestros datos (Furman et al., 2024b, 2024a), sobre la presencia de imágenes de tipo involuntario en los sujetos de investigación y que el mismo Zeman (A. Zeman et al., 2015b) había notado en sus publicaciones.

En relación a las **imágenes mentales voluntarias**, la evidencia de estudios recientes de neuroimagen, que comparan la percepción y las imágenes mentales voluntarias, sugieren que hay una gran superposición en el procesamiento neuronal durante la percepción y las imágenes, principalmente en áreas occipitales, temporales, parietales y frontales. Las representaciones neuronales de estímulos imaginados y percibidos son similares en la corteza visual (viveza), parietal (espacialidad), temporal

(descripción) frontal (tarea/meta). Confirmando que a más alto nivel en la jerarquía, mayor la superposición. Además, las imágenes y la percepción parecen compartir la presencia de conectividad de arriba hacia abajo (top-down) similar. La diferencia más prominente es la ausencia de procesamiento de abajo hacia arriba (bottom up) durante las imágenes mentales voluntarias. Por el contrario a lo que ocurre durante la percepción, el procesamiento de abajo hacia arriba (bottom-up) temprano está ausente durante el procesamiento de imágenes mentales voluntarias, siendo este un proceso principalmente arriba abajo (top-down). Es más, las imágenes mentales voluntarias y la percepción visual se superponen con puntos de tiempo específicos, correspondientes al procesamiento de alto nivel. Estos hallazgos encajan bien con la idea de que las imágenes mentales voluntarias y la percepción se basan en procesos similares de emulación o predicción (**Ver Figuras 16 y 17**) (Dijkstra et al., 2019).



**Figura 16:** Mecanismos neuronales compartidos entre la percepción visual y las imágenes mentales voluntarias (Dijkstra et al., 2019).



Trends in Cognitive Sciences

**Figura 17:** Conectividad efectiva durante la percepción visual y las imágenes mentales voluntarias (Dijkstra et al., 2019)

## **Resumiendo:**

Han permitido en el pasado saltos disruptivos hacia adelante en la comprensión de la psicología con base en la biología, hoy incluida en el campo de las neurociencias, el estudio de casos clínicos famosos como Phineas Gage (funciones de la corteza prefrontal) o Henry Molaison (el papel de las cortezas temporales mediales en la memoria) (Cooke et al., 2014; Harlow, 1869).

La afantasia, ausencia de la capacidad de evocación de imágenes mentales visuales voluntarias en sujetos de otra manera sanos. Es una ventana hacia la comprensión de las representaciones internas y su relación con otros fenómenos clínicos que empiezan a aparecer asociados, cada vez más, con mayor frecuencia que en la población general como la prosopagnosia y los sujetos con memoria autobiográfica severamente deficiente (Grüter et al., 2009; Palombo et al., 2015; Watkins, 2018).

El largo debate sobre las representaciones internas iniciado a principios de siglo iniciado por Fechner, Galton, Betts, James y Watson entre otros, y retomado en la década de los sesenta, con el advenimiento de la computación y su impacto en los modelos utilizados para comprender la mente, ha tenido como protagonistas a autores como Hebb, Farah, Kosslyn, Pylyshyn, Paivio y Pearson, entre otros, debatiéndose sobre como los humanos nos representamos internamente la información. Las imágenes mentales como metáfora simbólica o como imagen pictográfica, encuentra un equilibrio al fin cuando se concilian ambas posibilidades como capacidades en un espectro donde uno puede apoyarse más en una o en la otra según las capacidades diferentes y no como posibilidades mutuamente excluyentes (Farah, 1987; J Pearson, 2015; Kosslyn, 1994).

## **Objetivos:**

### Objetivo General:

Determinar y analizar las diferencias, entre un grupo de sujetos con afantasia y un grupo control, en capacidades de evocación de imágenes mentales y en el procesamiento neurofisiológico de la información al realizar una tarea visual y una tarea de evocación de imágenes mentales visuales.

### Objetivos específicos:

1) Determinar y analizar las áreas determinadas por la localización de fuentes cerebrales más significativas en cada grupo, al realizar las tareas de percepción visual y de evocación de imágenes mentales visuales.

2) Determinar y analizar la lateralización del procesamiento cerebral de la información durante las tareas de percepción visual y de evocación de imágenes mentales visuales.

3) Determinar y analizar las latencias de los potenciales evocados, N170-P200-N250, obtenidos en cada grupo al realizar las tareas de percepción visual y de evocación de imágenes mentales visuales.

4) Describir y comparar los resultados de cada grupo en cada una de las pruebas neuropsicológicas.

5) Determinar y analizar si el comportamiento de las dimensiones voluntaria e involuntaria de las imágenes mentales visuales tiene diferencias significativas.

**Hipótesis:**

- 1) Los afantásicos obtendrán una actividad significativamente mayor que el grupo control en las áreas temporales y significativamente menor en las áreas occipitales.
- 2) Los afantásicos lateralizarán el procesamiento cerebral de la información hacia áreas temporales izquierdas.
- 3) Los sujetos afantásicos obtendrán una menor latencia que el grupo control, en los potenciales evocados, N170-P200-N250, debido a una menor cantidad de estímulos procesado.
- 4) Los sujetos afantásicos obtendrán diferencias significativas en las pruebas neuropsicológicas relacionadas con la viveza y la controlabilidad de las imágenes mentales con el grupo control
- 5) Los sujetos afantásicos no obtendrán diferencias significativas en la dimensiones voluntaria e involuntaria de las imágenes mentales visuales.

## **Materiales y métodos**

Se llevó a cabo un estudio de casos y controles donde se compararon las características neuropsicológicas (viveza y controlabilidad) y los potenciales relacionados con eventos (N170, P200 y N250), al ver y evocar mentalmente la imagen visual de un objeto (un árbol), de sujetos con y sin afantasia.

### ***Muestra***

El estudio constó de 29 sujetos voluntarios, divididos en dos grupos de sujetos, uno experimental compuesto por 13 sujetos con afantasia y otro de control con otros 16 sujetos sin afantasia.

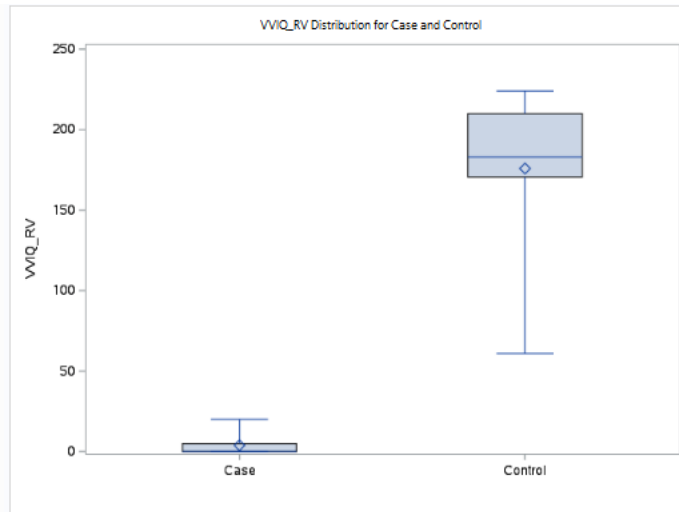
Todos los sujetos completaron un cuestionario que incluía la versión revisada en español del Vividness of Visual Imagery Questionnaire (VVIQ-RV) (Beato et al., 2006; Marks, 1973a, 1995) y tuvieron una entrevista clínica abierta con un neuropsiquiatra miembro de nuestro equipo, para excluir sujetos con antecedentes neurológicos o psiquiátricos.

*Grupo Afantasia:* Criterios de Inclusión: sujetos de entre 18 y 65 años de edad, de ambos sexos, que presenten síntomas compatible con afantasia congénita (tanto completa como parcial, o incapacidad para la generación de imágenes mentales visuales voluntaria y/o involuntaria) y una puntuación en el VVIQ-VR menor o igual a 32. Criterios de Exclusión: Puntuación en el VVIQ-VR mayor a 32 y/o historia de otros cuadros neurológicos o psiquiátricos.

*Grupo Control:* Criterios de Inclusión: sujetos de entre 18 y 65 años de edad, de ambos sexos, con características sociales, culturales, de edad y género similares que no

presenten síntomas compatibles con afantasia (congénita o adquirida) ni con agnosias de ningún tipo, que refieran ser capaces de evocar imágenes mentales, tanto voluntaria como involuntariamente. Criterios de Exclusión: Puntuación en el VVIQ-VR menor o igual a 32 y/o historia de otros cuadros neurológicos o psiquiátricos.

*Descripción de la muestra:* Todos los sujetos afantasicos informaron una incapacidad permanente para generar imágenes visuales y no tenían antecedentes de enfermedades neurológicas o psiquiátricas y obtuvieron puntuaciones entre 0 y 20 en el VVIQ-VR (media 3,9, DE 6,9), mientras que los controles informaron la capacidad de evocar imágenes mentales, sin antecedentes de enfermedades neurológicas o psiquiátricas, y con una puntuación entre 61 y 224 (media 175,8, DE 46,8). Los participantes completaron un cuestionario demográfico que recogía información sobre edad, sexo y antecedentes educativos. Hubo 16 (55,2%) hombres y 13 (44,8%) mujeres participantes en total. El rango de edad de los sujetos afantásicos y los controles estuvo entre 21 y 62 años, con una media de 36 años (DE=11,5). La mayoría de los sujetos eran diestros (72,4%), seis de ellos ambidiestros (20,7%) y sólo dos zurdos (6,9%). La mayoría de los participantes nacieron en Argentina (31,0%), España (31,0%) y Colombia (20,7%). El resto de participantes nacieron en República Dominicana (6,9%), Perú (3,4%), Rusia (3,4%) y Gran Bretaña (3,4%). Casi todos los sujetos (93,0%) poseían educación terciaria o superior, y sólo dos todavía estaban en educación terciaria (7,0%). Todos los participantes tuvieron visión normal o corregida a normal (**ver figura 18**).



**Figura 18:** El presente gráfico tipo Box Plot representa las puntuaciones de Casos y Controles en el VVIQ-VR.

La selección de participantes se realizó mediante redes sociales (Facebook e Instagram) a través de un cuestionario generado por el equipo de investigación para el cribado y selección de los participantes.

Esta investigación fue aprobada por el comité de bioética del Hospital San Carlos de la Universidad Complutense, y cumple las normas éticas de la Declaración de Helsinki (1975). Todos los participantes firmaron un consentimiento informado antes de llevar a cabo el estudio.

### **Calculo de la muestra**

Para el cálculo de los tamaños muestrales se fijaron los siguientes niveles:  $\alpha = 0.05$ , potencia del contraste  $1-\beta = 0.95$ , tamaño del efecto (effect size)  $d = 0.25$  (moderado) según el software: Power GP. 3.1.9.2. Heinrich Heine University, Dusseldorf University. En: <http://www.psych.uni-duesseldorf.de/abteilungen/aap/gpower3/download-and-register>, consultado diciembre 2018). Los análisis estadísticos se llevarán a cabo usando el software estadístico SPSS 25.

## *Procedimiento*

### *Evaluación Neuropsicológica:*

El día del estudio se llevó a cabo una batería de evaluación neuropsicológica específica de las capacidades de evocación de imágenes mentales.

Para este fin se utilizaron las pruebas: La versión española del Cuestionario de Viveza de Imágenes Visuales - Versión Revisada (VVIQ-VR) (Diez, 2006; Marks, 1995), la versión española del Cuestionario de Betts sobre imágenes mentales (Betts, 1909; Campos & Pérez-Fabello, 2005; Sheehan, 1967), la Prueba de Gordon sobre control de las imágenes mentales y la versión española de la Prueba de Cribado Rápido de Afantasia – Versión Extendida (PCRA-VE, en inglés FASTx, Fast Aphantasia Screening Test – Extended Version) un test desarrollado para el presente estudio.

Las pruebas fueron administradas mediante formularios de Google. Se pidió a los sujetos que respondieran las pruebas en una habitación tranquila con distracciones limitadas, que leyeran atentamente las instrucciones proporcionadas y preguntaran cualquier duda antes de cada prueba.

La **versión española del cuestionario VVIQ-VR** (Diez, 2006; Marks, 1995) para la evaluación de la viveza de las imágenes mentales visuales, está compuesto por 32 ítems, distribuidos de cuatro en cuatro, en ocho escenarios. Cada escenario plantea una situación diferente que el participante debía imaginar. A partir de esa imagen la persona valora la viveza de aspectos concretos de la escena por medio de cuatro ítems mediante una escala tipo Likert de ocho categorías (valores de 0 a 7), donde el 0 representa una imagen «Ausente: ausencia de imagen, solo ‘sabes’ que estás pensando en el objeto» y el 7 representa una imagen «Perfecta: tan vívida (clara y viva) como la visión real». Es

decir, puntuaciones elevadas en el cuestionario representan valores altos en viveza y viceversa. La puntuación individual en el cuestionario se calcula a partir del promedio de las valoraciones en los 32 ítems y va desde 0 hasta 224 puntos.

La **versión española del Cuestionario de Betts sobre imágenes mentales** (Betts, 1909; Campos & Pérez-Fabello, 2005; Sheehan, 1967), mide la viveza de las imágenes mentales en siete modalidades sensoriales: visual, auditiva, cutánea, cinestésica, gustativa, olfativa y orgánica. Para ello utiliza una escala de tipo Likert de 7 puntos que va desde “*perfectamente clara y tan vívida como la experiencia real*“, hasta “*ninguna imagen presente en absoluto, sólo sabes que estás pensando en el objeto*”. Las puntuaciones altas indican una baja capacidad de visualización y viceversa, este cuestionario de los 4 que fueron utilizados es el único que puntúa en este sentido (los otros cuestionario dan puntajes altos a mayor viveza o control o capacidad de generación de las imágenes mentales).

La **versión española de la Prueba de Gordon sobre control de las imágenes mentales** (Pérez-Fabello & Campos, 2004; Richardson, 1969). Las preguntas de este cuestionario hacen referencia a la facilidad con la que una persona puede controlar o manipular imágenes mentales visuales. Para algunas personas esta tarea es relativamente fácil, y para otras relativamente difícil. Consta de 12 ítems en los que se pide a los sujetos que imaginen un coche de motor y luego que en una escala de 3 puntos (0 = no, 1 = inseguro, 2 = sí) si pueden imaginarlo en diferentes colores, posiciones y estados de movimiento. Las puntuaciones totales oscilan entre 0 y 24. Las puntuaciones altas indican un mejor control de la imagen.

La **versión española de la Prueba de Prueba de Cribado Rapido de Afantasia – Versión Extendida** (PCRA-VE, en inglés FASTx, Fast Aphantasia

Screening Test – Extended Version) (Furman et al., 2024a). La prueba rápida consiste en tres preguntas para la detección de afantasia, que exploran la dimensión de imágenes mentales visuales voluntarias, como se describe en la definición de afantasia original publicada por Adam Zeman (Zeman et al., 2015): Primera pregunta, “*Por favor, intente evocar el Imagen mental visual de "una pelota de goma roja sobre una mesa de madera". ¿Pudiste visualizarlo en tu mente?*”; segunda pregunta: “*Por favor, intente evocar la imagen mental visual de "el rostro de un ser querido que no está a su lado ahora". ¿Pudiste visualizarlo en tu mente?* Tercera pregunta: “*¿Tiene algún recuerdo que pueda evocar visualmente?*”. Como la afantasia puede superponerse con la prosopagnosia (Grüter et al., 2009), ya sea confundiéndola o siendo comórbida con ella, la prueba incluye tres preguntas: una sobre un rostro, otra sobre un objeto y una pregunta abierta sobre imágenes mentales visuales voluntaria, para evaluar esta condición. En caso de que el participante padezca únicamente prosopagnosia, habría experimentado un déficit únicamente en las imágenes relacionadas con los rostros. Si los sujetos eran realmente afantásicos, no podrían haber evocado ninguna imagen mental voluntaria. Todas las preguntas deben responderse entre tres opciones. “*Sí*”, “*No*”, “*No estoy seguro*”, donde “*Sí=2*”, “*No estoy seguro=1*” y “*No=0*”. La puntuación para la prueba FAST de Imaginación Voluntaria, es de máximo 6 y mínimo 0 puntos. La versión extendida incluye dos preguntas más, separadas para explorar la dimensión involuntaria de las imágenes mentales visuales, debido a que hay autores que extienden el concepto de afantasia a esta dimensión (Watkins, 2018). Por lo tanto, se exploró si ambas dimensiones eran dependientes o independientes. La primera pregunta de la versión extendida, se centra en las imágenes mentales visuales en los sueños, “*¿Visualizas imágenes en tus sueños?*”; la segunda pregunta se centra en imágenes mentales visuales espontáneas mientras está despierto: “*¿Alguna vez ha*

*tenido visualizaciones espontáneas (no evocadas voluntariamente)? (por ejemplo, flashbacks, soñar despierto)*". Todas las preguntas debían responderse entre tres opciones. "Sí", "No", "No estoy seguro", donde "Sí=2", "No estoy seguro=1" y "No=0". La puntuación para las dos preguntas adicionales (Imágenes involuntarias) es de máximo 4 y mínimo de 0 puntos. Las preguntas voluntarias e involuntarias se agregan y analizan por separado.

Luego de contestar los cuestionarios, los participantes mantuvieron una entrevista clínica abierta con un neuropsiquiatra miembro de nuestro equipo, para excluir sujetos con antecedentes neurológicos o psiquiátricos.

### ***Analisis Estadístico de las Pruebas Neuropsicológicas***

Para examinar las diferencias grupales (afantasia versus control) y las relaciones entre las puntuaciones de las pruebas neuropsicológicas, se calcularon estadísticas descriptivas, incluidas medias, desviaciones estándar y frecuencias. Para evaluar las diferencias grupales se utilizaron estadísticas inferenciales como las pruebas de Wilcoxon, tanto para muestras independientes como para muestras relacionadas. Finalmente, se calcularon el coeficiente de correlación Tau-b de Kendall y el coeficiente de concordancia de Kendall para comparar las pruebas entre sí. Los principales resultados de interés en este estudio fueron las puntuaciones en las cuatro pruebas de imágenes mentales. El análisis de los datos tuvo como objetivo comparar el desempeño de los individuos con afantasia con el de aquellos sin afantasia y las cuatro pruebas de detección entre sí. La significación estadística se estableció en  $p < 0,05$  para todos los análisis.

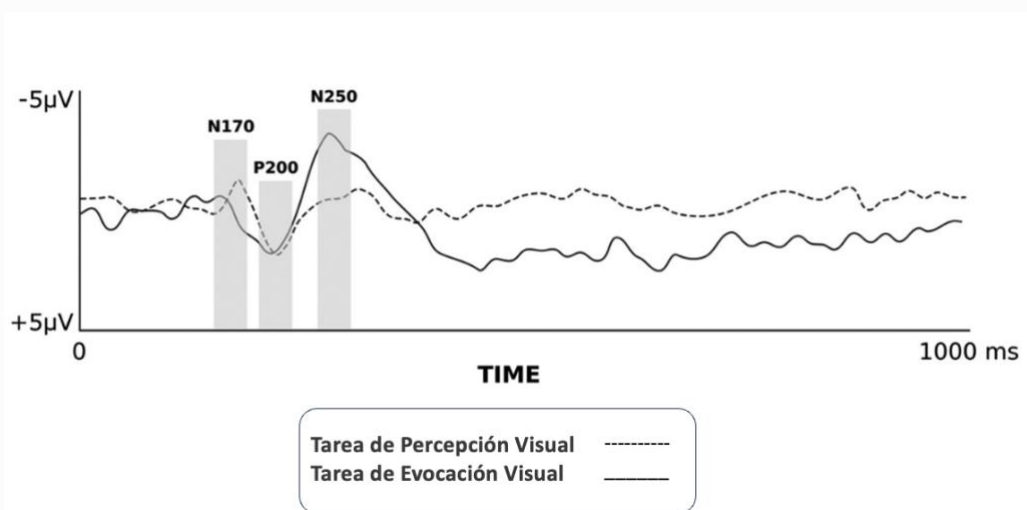
### ***Evaluación Neurofisiológica:***

Se llevó a cabo un estudio mediante potenciales evocados de EEG en el Departamento de Medicina Legal, Psiquiatría y Patología, Facultad de Medicina, Universidad Complutense de Madrid. Los datos se registraron en una habitación con poca luz aislada del ruido externo. Los sujetos se sentaron en un sillón, colocados a una distancia de 75 cm de una pantalla LCD de 19 pulgadas para evitar la sincronización del ritmo alfa (actualizado a una velocidad de 100 Hz). La tarea visual consistió en una exposición a una imagen de un objeto (un árbol) presentada en el centro de la pantalla durante 1000 ms seguida de una proyección de 1000ms de duración de una pantalla en negro, período durante el cual el sujeto debe evocar la imagen presentada previamente. Este ciclo se repitió 150 veces. Se les pidió que estén lo más relajados posible, presten atención a la imagen presentada e inmediatamente la evoquen durante la pantalla de color negro.

### ***Equipo utilizado***

El equipo de electroencefalografía de alta densidad modelo ATI (ADVANTEK SRL) se utilizó conjuntamente con un casco de electrodos (Neuroscan) de 64 canales. Las impedancias se mantuvieron por debajo de los 5kOhms. Se incluyeron canales adicionales para monitorear el movimiento de los ojos (en los cantos laterales derecho e izquierdo y en las órbitas superior e inferior del ojo izquierdo); los electrodos de referencia se colocaron en los mastoides. Todos los electrodos fueron referenciados al promedio de ambos mastoides offline. Los datos se procesaron acorde a una referencia media tras la adquisición con un filtro de paso de banda de 0,05 - 30 Hz y una frecuencia de muestreo de 1024 Hz. Los artefactos fueron rechazados del análisis cuando el voltaje excedía en  $\pm 100\mu\text{V}$  cualquiera sea la ubicación del electrodo en relación a la referencia. Se inspeccionaron visualmente los promedios de los sujetos individuales para asegurar

que se obtuvieron grabaciones limpias. Los artefactos propios del movimiento del ojo y del músculo serán identificados fuera de línea en cada prueba con inspección visual, y fueron quitados antes del promedio de los datos y del análisis del potencial evocado. Los segmentos continuos del EEG fueron inspeccionados visualmente y los que tuvieron artefactos y ruido eléctrico fueron rechazados. Los canales ruidosos fueron substituidos con moderación con interpolaciones lineares de canales limpios. A partir de los ensayos sin artefactos restantes, se calcularon promedios para cada participante y cada condición usando ventanas temporales de 1000 mseg para las imágenes del árbol y la pantalla negra. Los potenciales evocados se promediaron por separado para cada condición y cada sujeto. Durante cada tarea (Percepción Visual / Evocación Visual) se analizaron la onda N170 (hallada en la ventana de tiempo entre el ms 150-210 después del inicio del estímulo), el componente P200 positivo anterior (entre 180-290 ms) y el componente N250 negativo y más tardío (entre 230-350 milisegundos) (ver figura 19).



**Figura 19:** Representación gráfica de los potenciales evocados (N170, P200 y N250) generados durante las tareas de percepción visual y de evocación de imágenes mentales visuales (Evocación Visual)(Furman et al., 2024b).

### ***Análisis de localización de fuentes cerebrales***

Las fuentes cerebrales de los componentes N170/P230/N250 de ERPs fueron estimados a partir de grabaciones de 64 electrodos. La localización fue derivada a través de la solución del problema inverso del EEG usando la tomografía de baja resolución (LORETA) (Pascual-Marqui et al., 1994) con una ventana de tiempo de -20 a + 20 mseg a partir del pico de amplitud negativa más alto medido en el electrodo PZ (Ortiz et al., 2011). Cada modelo se definió restringiendo la solución a una estructura anatómica particular o combinación de ellas utilizando el paquete de software de mapeo paramétrico estadístico (SPM, The MathWorks, Natick, MA). Posteriormente, los SPMs fueron computados basados en una prueba voxel-y-voxel Hotelling T2 contra cero (Carbonell et al., 2004) y representados como imágenes de activación 3D superpuestas en el cerebro promedio del Instituto neurológico de Montreal (MNI). Se identificaron estructuras anatómicas según la herramienta de reconciliación de etiquetado anatómico automatizado (Tzourio-Mazoyer et al., 2002) y los máximos locales se midieron y se localizaron según el sistema de coordenadas MNI.

### ***Análisis estadísticos la latencia de las ondas***

Se utilizaron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk para contrastar la normalidad de las componentes de los potenciales evocados en ambos grupos. Para contrastar la homogeneidad de las varianzas de ambas componentes en los dos grupos, utilizaremos la prueba de Levene. Para explorar la posible interacción latencia-grupo se utilizará un modelo de ANOVA.

## **Resultados:**

Vamos a exponer los resultados ordenados en función de los objetivos específicos con el fin de dar coherencia expositiva a los mismos. Con el fin de dar coherencia a los resultados, hemos integrado los objetivos 1 y 2 que aparecen expuestos a lo largo del texto que presentamos a continuación:

*Objetivo 1: Determinar y analizar las áreas determinadas por la localización de fuentes cerebrales más significativas en cada grupo, al realizar las tareas de percepción visual y de evocación de imágenes mentales visuales.*

*Objetivo 2: Determinar y analizar la lateralización del procesamiento cerebral de la información durante las tareas de percepción visual y de evocación de imágenes mentales visuales.*

Mientras el objetivo 1 lo describimos a lo largo del texto con la identificación de las áreas, para el objetivo 2 identificamos la lateralización cerebral mediante la descripción derecha izquierda de las áreas.

Se han ordenado los resultados en función a las latencias de los potenciales evocados, comenzando por la latencia más corta que es de la onda negativa N170, pasando por latencia positiva P200, para terminar con latencia más tardía que es la N250.

## *Análisis de la localización de fuentes Cerebrales*

### *Tarea de Percepción Visual:*

El potencial evocado **N170** muestra que, durante la **tarea de percepción visual**, el **grupo de control** activa áreas visuales posteriores primarias (Bilateral Cuneus, Precuneus y Calcarine) y áreas temporales superiores derechas. En la misma tarea, el **grupo afantásico** activa las mismas áreas, más la ínsula derecha, la corteza derecha frontal superior medial, y la corteza izquierda orbitofrontal media (**Ver Tablas 3 y 4, Figura 20**).

El potencial evocado **P200** muestra que, durante la **tarea de percepción visual**, el **grupo control** activa principalmente áreas visuales posteriores primarias (Bilateral Cuneus, Precuneus y Calcarine). En la misma tarea, el **grupo afantásico** activa áreas del Temporal Superior Izquierdo, Polo Temporal Superior Izquierdo e ínsula izquierda (un conjunto de áreas completamente diferentes). (**Ver Tablas 3 y 4, Figura 20**)

Por último, el potencial evocado **N250** muestra que, durante la **tarea de percepción visual**, el **grupo de control** tiene actividad significativa bilateral en las áreas corticales visuales primarias (Cuneus, Precuneus y Calcarine). Mientras que, en la misma tarea, el **grupo afantásico** activa todas las mismas áreas con actividad significativa (Cuneus bilateral, Precuneus y Calcarine), más la corteza temporal superior derecha (**Ver Tablas 3 y 4, Figura 20**).

***Tarea de Evocación de Imágenes Mentales Visuales (Imaginación Visual):***

El potencial evocado **N170** muestra que, durante la **tarea de imaginación visual**, el **grupo control** activa áreas corticales fronto-temporales-insulares bilaterales (corteza orbitofrontal media bilateral, corteza orbitofrontal inferior izquierda, corteza temporal superior derecha, polo temporal superior izquierdo y corteza de la ínsula bilateral). En la misma tarea, el **grupo afantásico** solo activa las cortezas frontal, temporal y de la ínsula izquierdas (corteza frontal media izquierda, polo temporal superior izquierdo y corteza de la ínsula izquierda). (**Ver Tablas 3 y 4, Figura 21**)

El potencial evocado **P200** muestra que, durante la **tarea de imaginación visual**, el **grupo de control** activa áreas visuales bilaterales (Cuneus, Calcarine y Precuneus, las tres bilateralmente). Mientras que, en la misma tarea, el **grupo afantásico** activa la corteza orbitofrontal media bilateral y la corteza temporal superior izquierda, un conjunto de áreas completamente diferente (**Ver Tablas 3 y 4, Figura 21**).

El potencial evocado **N250** muestra que, durante la **tarea de imaginación visual**, el **grupo de control** activa áreas corticales frontales y occipitales bilaterales (cortezas orbitofrontales medias, calcarinas, precuneus y cuneus bilaterales). Mientras que, en la misma tarea, el **grupo afantásico** activa áreas frontales bilaterales y temporales izquierdas (corteza orbitofrontal media bilateral y corteza temporal superior izquierda), sin ninguna actividad de la corteza visual primaria posterior (**Ver Tablas 3 y 4, Figura 21**).

Tarea de Percepción Visual – Grupo CONTROL														
N170					P200					N250				
AAL	X	Y	Z	T2 Hotelling	AAL	X	Y	Z	T2 Hotelling	AAL	X	Y	Z	T2 Hotelling
Cuneus L	1	-61	32	8,508	Cuneus L	20	71	24	20,096	Cuneus L	-2	-70	27	15,857
Cuneus R	5	-70	23	8,041	Cuneus R	26	76	21	19,415	Cuneus R	4	-70	21	14260
Precuneus R	8	-70	34	8,416	Calcarine L	26	76	7	18,192	Calcarine L	-2	-67	21	15,047
Precuneus I	-2	-70	34	8,421	Calcarine R	27	71	7	17,581	Calcarine R	3	-70	13	14,457
Calcarine L	2	-70	19	8,165	Precuneus R	27	67	3	19,578	Precuneus R	3	-70	30	15,447
Calcarine R	2	-70	17	8,041	Precuneus L	27	72	3	18,011	Precuneus L	-8	-70	32	15,543
Temp Sup R	59	-70	16	7,61										
Tarea de Evocación de Imágenes Mentales Visuales (Imaginación Visual) – Grupo CONTROL														
N170					P200					N250				
AAL	X	Y	Z	T2 Hotelling	AAL	X	Y	Z	T2 Hotelling	AAL	X	Y	Z	T2 Hotelling
Insula L	-46	13	-5	13,757	Cuneus L	20	70	3	6,991	Cuneus L	2	-71	27	4,507
Frontal Inf Orb L	-46	16	-5	13,497	Cuneus R	27	77	3	6,654	Cuneus R	5	-71	28	4,389
Polo temporal Sup L	-46	10	16	11,981	Calcarine L	20	70	4	6,74	Calcarine L	-2	-68	19	4,135
Insula R	49	3	-4	11,615	Calcarine R	40	77	5	6,577	Calcarine R	5	-70	17	4,013
Temporal Sup R	52	-6	-4	10,987	Precuneus R	57	70	4	6,681	Precuneus R	2	-70	35	4,336
Frontal Mid Orb L	-3	52	-4	12,731	Precuneus L	22	70	4	6,875	Precuneus L	-5	-70	34	4,553
Frontal Mid Orb R	3	52	-4	12,349						Frontal Mid Orb R	-2	55	-6	4,932
										Frontal Mid Orb L	4	48	-4	4,474

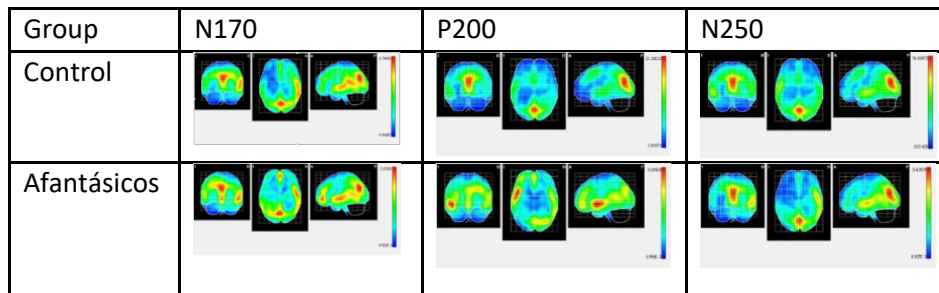
**Tabla 3: Localización de Fuentes GRUPO CONTROL**, durante las tareas de Percepción Visual y Evocación de Imágenes Mentales Visuales (Imaginación Visual). La presente tabla, resume las diferencias significativas en las áreas de proyección de intensidad máxima para los ERPs durante las tareas de percepción e imaginación, basado en una prueba T2 de Hotelling voxel por voxel frente al tiempo cero. AAL = Etiquetado Anatómico Automatizado. X, Y, Z = Coordenadas del MNI en tres ejes espaciales. P < 0.01 (Furman et al., 2024b).

Nota: R = Derecha, L = Izquierda.

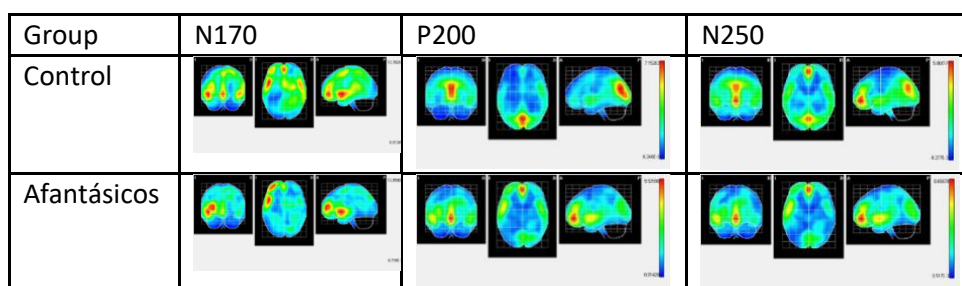
Tarea de Percepción Visual – Grupo AFANTÁSICO														
N170					P200					N250				
AAL	X	Y	Z	T2 Hotelling	AAL	X	Y	Z	T2 Hotelling	AAL	X	Y	Z	T2 Hotelling
Cuneus L	1	-61	32	6,928	Temporal Sup L Polo	4	6	-5	9,569	Cuneus L	-2	-70	27	9,322
Cuneus R	5	-70	23	5,986	Temporal Sup L	4	6	-2	9,398	Cuneus R	4	-70	21	8,97
Precuneus R	8	-70	34	6,304	Insula L	4	6	-7	9,317	Calcarine L	-2	-67	21	8,056
Precuneus I	-2	-70	34	6,814						Calcarine R	3	-70	13	8,224
Calcarine L	2	-70	19	6,445						Precuneus R	3	-70	30	8,617
Calcarine R	2	-72	17	6,135						Precuneus L	-8	-70	32	8,723
Tempo Sup R	59	-39	16	6,488						Temp Sup R	54	-7	-4	7,791
Insula R	50	2	0	6,294										
Frontal Superior Med R	4	51	0	6,375										
Frontal Mid Orb L	-2	53	-6	6,342										
Tarea de Evocación de Imágenes Mentales Visuales (Imaginación Visual) – Grupo AFANTÁSICO														
N170					P200					N250				
AAL	X	Y	Z	T2 Hotelling	AAL	X	Y	Z	T2 Hotelling	AAL	X	Y	Z	T2 Hotelling
Frontal Mid. L	-30	57	-9	13,349	Frontal Mid Orb L	4	5	-4	9,306	Frontal Mid Orb L	-4	51	-4	8,631
Polo Temporal Sup L	46	6	-11	11,826	Frontal Mid Orb R	3	5	-4	9,381	Frontal Mid Orb R	3	51	-4	8,045
Insula L	46	12	-8	13,416	Temporal Sup L	4	2	-4	7,388	Temporal Sup L	-48	2	-4	6,803

**Tabla 4: Localización de Fuentes GRUPO AFANTÁSICO**, durante las tareas de Percepción Visual y Evocación de Imágenes Mentales Visuales (Imaginación Visual). La presente tabla, resume las diferencias significativas en las áreas de proyección de intensidad máxima para los ERPs durante las tareas de percepción e imaginación, basado en una prueba T2 de Hotelling voxel por voxel frente al tiempo cero. AAL = Etiquetado Anatómico Automatizado. X, Y, Z = Coordenadas del MNI en tres ejes espaciales.  $P < 0.01$  (Furman et al., 2024b).

Nota: R = Derecha, L = Izquierda.



**Figura 20:** Representación gráfica de la localización de fuentes cerebrales mediante el análisis LORETA durante la **Tarea de Percepción Visual**. El color rojo indica la mayor actividad, estadísticamente significativa (0.01). El significado de las siglas en las imágenes es: anterior (A), posterior (P), izquierda (I), derecha (D) (Furman et al., 2024b).



**Figura 21:** Representación gráfica de la localización de fuentes cerebrales mediante el análisis LORETA durante la **Tarea de Evocación de Imágenes Mentales Visuales (Imaginación Visual)**. El color rojo indica la mayor actividad, estadísticamente significativa (0.01). El significado de las siglas en las imágenes es: anterior (A), posterior (P), izquierda (I), derecha (D) (Furman et al., 2024b).

A modo de síntesis de los resultados observados debo resaltar las siguientes observaciones:

En primer lugar, durante la tarea de percepción visual, el grupo de afantásicos reemplazan la actividad de las áreas visuales primarias bilaterales (cuneus, calcarine y precuneus) presentes en el potencial evocado P200 en los controles con actividad en la corteza temporal e insular izquierda.

En segundo lugar, durante la tarea de evocación de imágenes mentales, el grupo de afantásicos solo muestran actividad frontotemporal, mientras que la actividad del grupo de control va desde frontotemporal (N170) hasta las áreas visuales tempranas

posteriores (calcarino-cuneus-precuneus) (P200), para finalmente mantener la actividad cortical anterior y posterior. (N250).

En tercer lugar, el grupo afantásico mostró una mayor tendencia a la lateralización que el grupo de control que procesa la información con mayor participación bilateral. Esta lateralización en el grupo de afantásicos se observa hacia la izquierda durante la tarea de imágenes mentales (N170-P200-N250) y la tarea visual (P200). Y hacia la derecha durante la tarea visual en N170 y N250, mientras mantiene cierta actividad frontal y occipital bilateral en N170 y N250.

Objetivo 3. *Determinar y analizar las latencias de los potenciales evocados, N170-P200-N250, obtenidos en cada grupo al realizar las tareas de percepción visual y de evocación de imágenes mentales visuales.*

Nuestros resultados mostraron que, durante la tarea de **percepción visual**, el grupo control mostró una latencia del potencial **N170** de 179,50 ms (DE 15,70) mientras que el grupo afantásico es de 167,69 ms (DE 9,92 ms) **con diferencias significativas** ( $p=0,05$ ) a favor del grupo afantásico, puesto que existe una latencia mucho más corta que el grupo control, lo que significa una mayor velocidad en el procesamiento de la percepción visual. Mientras que, durante la **tarea de imaginación**, las latencias del potencial N170 en ambos grupos son 184,64 ms (DE 18,09) y 169,46 ms (DE 23,74) respectivamente **sin diferencias significativas** ( $p= 0,1$ ) (ver **Tabla 5**).

La latencia del potencial evocado **P200** durante la tarea de **percepción visual** para el grupo control fue de 247,14 ms (DE 27,50 ms), y para el grupo afantásico fue de 223,15 ms (DE 20,30) **con diferencias significativas** ( $p=0,02$ ) entre ambos grupos. Mientras que durante la tarea **imaginación visual**, las latencias de ambos grupos en P200 son 258,21 ms (DE 34,21) y 237,77 ms (DE 32,65) respectivamente, **sin diferencias significativas** ( $p=0,13$ ) (ver **Tabla 5**).

La latencia del potencial evocado **N250** durante la tarea de **percepción visual** para el grupo control fue de 310,00 ms (DE 32,61), y para el grupo afantásico fue de 280,62 ms (DE 24,29) **con diferencias significativas** ( $p=0,01$ ) entre ambos grupos. Mientras que, durante la tarea de **imaginación visual**, las latencias para ambos grupos fueron 312,07 ms (DE 40,50) y 295,00 ms (DE 40,05) respectivamente, **sin diferencias significativas** ( $p = 0,35$ ) (ver **Tabla 5**).

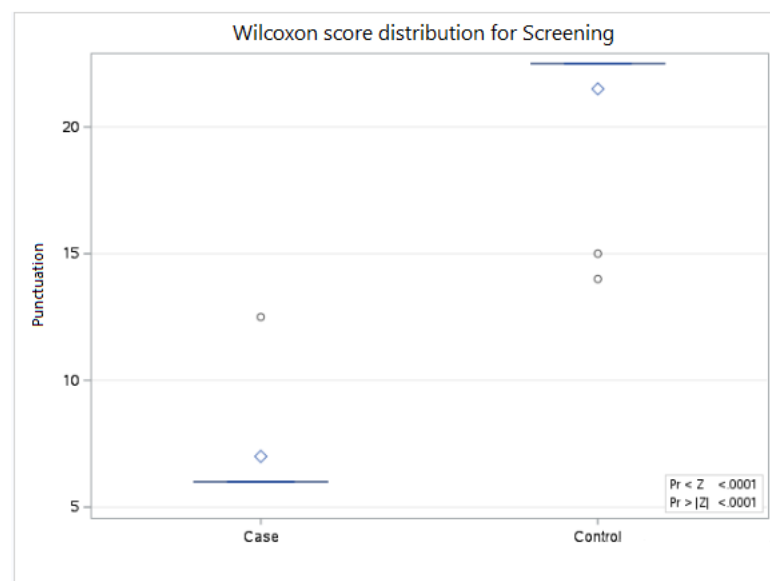
Estos resultados reflejan tiempos de procesamiento más rápidos para el grupo afantásico tanto durante la percepción como durante la visualización, aunque sólo es estadísticamente significativo en el caso de la tarea percepción visual.

		Tarea de Percepción Visual			Tarea de Imaginación Visual		
		N170	P200	N250	N170	P200	N250
<b>CONTROL</b>	Media (ms)	179,5	247,14	310	184,64	258,21	312,07
	DE (ms)	15,7	27,5	32,61	18,09	34,21	40,5
<b>CASO</b>	Media (ms)	167,69	223,15	280,62	169,46	237,77	295
	DE (ms)	9,92	20,3	24,29	23,74	32,65	40,05
¿Son los casos estadísticamente diferentes de los controles?		Si	Si	Si	No	No	No
Valor p		<b>0,05</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	0,1	0,13	0,35

**Tabla 5: Latencias de potenciales evocados N170 P200 N250:** Esta tabla muestra las latencias de los potenciales evocados analizados durante las tareas de percepción visual y de evocación de imágenes mentales visuales (Imaginación Visual) (Furman et al., 2024b).

Objetivo 4. *Describir y comparar los resultados de cada grupo en cada una de las pruebas neuropsicológicas.*

Primero, evaluamos si la puntuación promedio obtenida en la prueba FAST del grupo de afantásicos es igual a la puntuación promedio del test FAST del grupo control. Para eso se realizó la prueba de Wilcoxon de comparación de rangos y se concluyó que se rechazaba la hipótesis de igualdad de respuestas promedio, es decir, **había diferencias significativas en el valor promedio de respuestas de ambos grupos (valor de  $p < 0,0001$ )**. En el siguiente gráfico se muestran los rangos de la variable Screening (que representa la prueba FAST) en la que se comprueba que se establecen bien delimitados los dos grupos de la muestra (**ver Figura 22 y Tabla 6**).

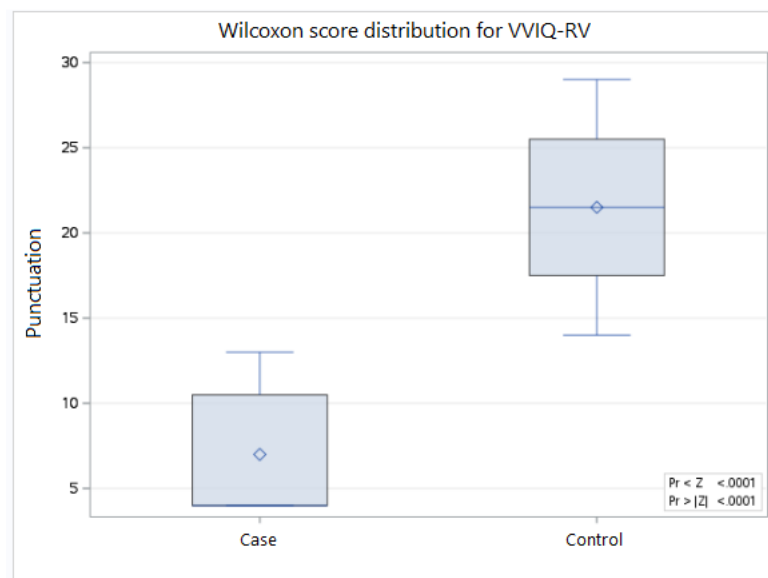


**Figura 22:** En este gráfico muestran los rangos de la variable Screening (que representa la prueba FAST) (Furman et al., 2024a).

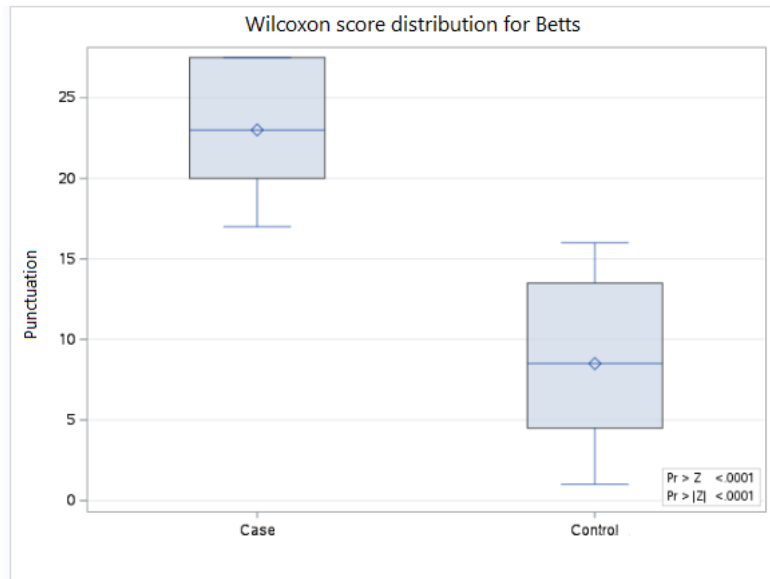
Luego se repitió el test de Wilcoxon para comparar respuestas promedios del grupo de afantásicos y del grupo control para las pruebas VVIQ-RV, Betts y Gordon. Se concluye por lo tanto, que se rechaza la hipótesis de igualdad de respuestas promedio, es decir, **hay diferencias significativas en el valor promedio de respuestas del grupo**

afantásico y del grupo control en la prueba VVIQ-RV (valor de  $p < 0,0001$ ), en la prueba de Betts (valor de  $p < 0,0001$ ) y en la prueba de Gordon (valor de  $p < 0,0001$ ) (ver figuras 22, 23, 24, 25 y tabla 6).

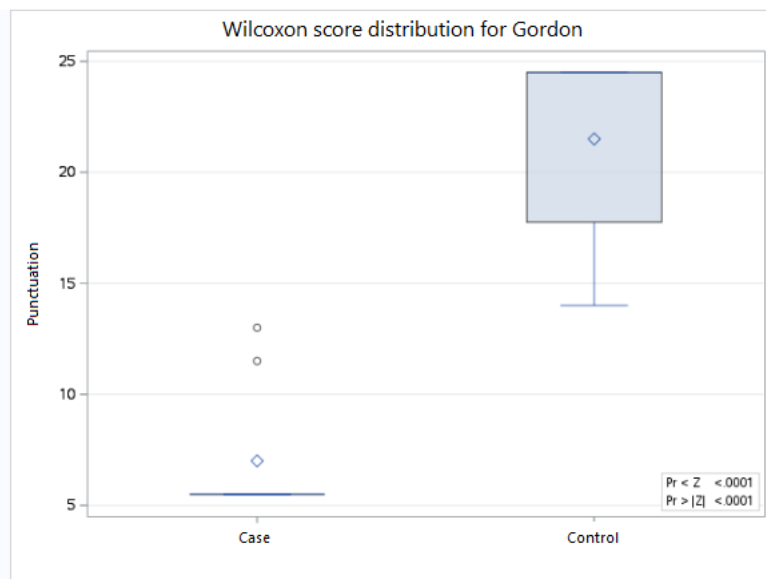
En conclusión, estos resultados nos indican que los sujetos afantásicos manifiestan una mayor capacidad de control y una mayor viveza de las imágenes mentales, con diferencias significativas en las puntuaciones de las pruebas **VVIQ-RV**, **Betts**, **Gordon**. Por otro lado también hemos controlado que existen en la prueba de FAST diferencias significativas entre los grupos, lo que nos indica que la muestra ha sido seleccionada acorde con criterios científicos en relación con la capacidad o no de evocar imágenes mentales voluntariamente. En los siguientes tres gráficos (ver figuras 22, 23, 24, 25) y la **tabla 6**, se muestran los rangos de las tres pruebas y claramente hay dos grupos separados de respuestas promedios, uno para sujetos afantásicos y otro para controles, en las pruebas VVIQ-RV, en Betts y en Gordon (Campos & Pérez-Fabello, 2005; Diez, 2006; Pérez-Fabello & Campos, 2004).



**Figura 23:** En este gráfico se muestran los rangos de la variable VVIQ-RV (Furman et al., 2024a).



**Figura 24:** En este gráfico se muestran los rangos de la variable Betts (Furman et al., 2024a).



**Figura 25:** En este gráfico se muestran los rangos de la variable Prueba de Gordon (Furman et al., 2024a).

	GRUPO	PROMEDIO	DS
FAST	CONTROLES	5,81	0,54
	AFANTÁSICOS	0,15	0,37
VVIQ-VR	CONTROLES	175,81	46,77
	AFANTÁSICOS	3,92	6,94
GORDON	CONTROLES	22,31	3,26
	AFANTÁSICOS	0,69	1,49
BETTS	CONTROLES	70,75	18,61
	AFANTÁSICOS	218,46	40,65

**Tabla 6:** Tabla con promedios y desvíos estadares de los puntuaciones de cada grupo en cada una de las pruebas FAST, VVIQ-RV, GORDON, BETTS (Furman et al., 2024a).

Una vez demostrado el objetivo principal, se analizó y describió cómo se comportan las 4 pruebas entre sí. En la siguiente tabla se muestran las correlaciones entre cada prueba y los valores “p” asociados. Todas las pruebas están relacionadas entre sí y tienen altos valores de correlación. Mientras que FAST, VVIQ-RV y Gordon tienen correlaciones positivas entre sí, Betts tiene una correlación negativa con el resto. Esto se debe a que los criterios de puntuación de la escala Likert es invertida, los sujetos que tienen puntuaciones bajas en FAST, VVIQ-RV y Gordon tendrían puntuaciones altas en Betts y viceversa (**ver Tabla 7**).

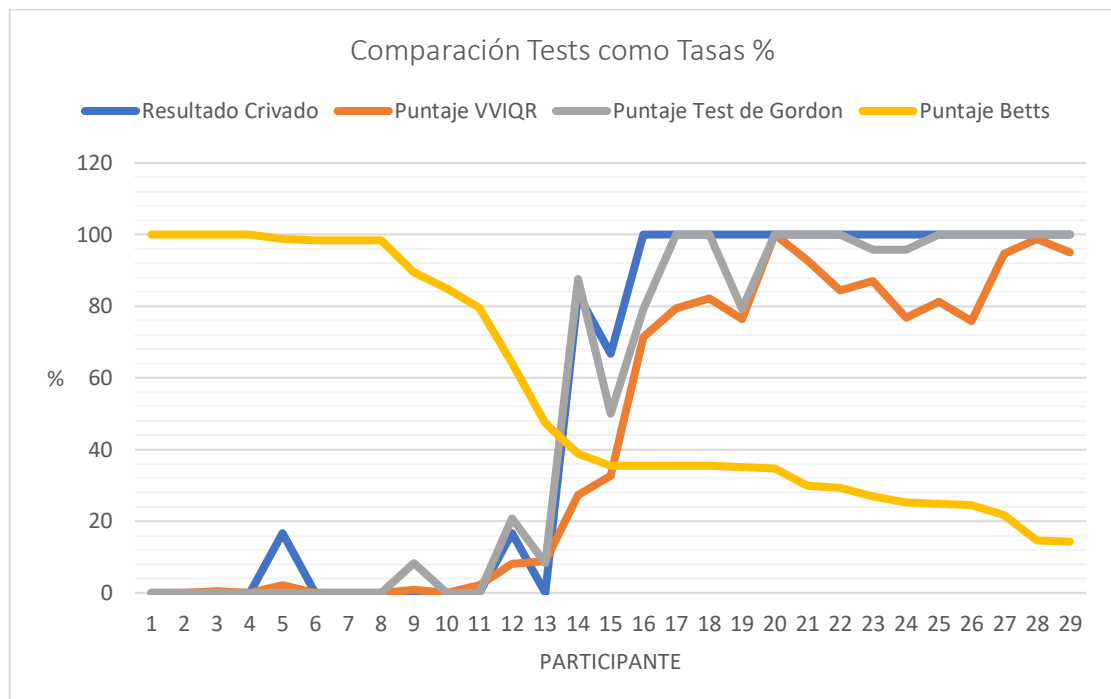
Kendall Tau b correlation coefficient, N=29				
Prob > tau assuming H0> Tau=0				
	FAST	VVIQ-VR	GORDON	BETTS
FAST	1.0000	0.79907 < 0.0001	0.84995 < 0.0001	- 0.74789 < 0.0001
VVIQ-VR		1.0000	0.82784 < 0.0001	- 0.75616 < 0.0001
GORDON			1.0000	- 0.77751 < 0.0001
BETTS				1.0000

**Tabla 7:** Coeficientes de correlación de Kendall para evaluar la concordancia entre las cuatro pruebas en conjunto: FAST, VVIQ-RV, GORDON y BETTS (Furman et al., 2024a).

Al observar la **tabla 7** se puede determinar si las respuestas de la prueba VVIQ-RV son independientes de las respuestas de los test FAST, Gordon y Betts. Los resultados muestran que la prueba VVIQ-RV y la prueba FAST están relacionadas (valor  $p < 0,0001$ ), al igual que las pruebas VVIQ-RV y Betts (valor  $p < 0,0001$ ) y VVIQ-RV y Gordon (valor  $p < 0,0001$ ).

Se calculó un Coeficiente de Concordancia de Kendall para evaluar la concordancia entre las cuatro pruebas en conjunto ( $W=0,73$ ), y una prueba para evaluar si la concordancia era nula, esta hipótesis fue rechazada (valor  $p=0,0001$ ). Aunque las puntuaciones de Betts no concuerdan con las de otras pruebas (por tener invertida la puntuación) la concordancia entre todas las pruebas juntas es significativa y alta.

En la **figura 26** se puede ver el comportamiento conjunto de las pruebas VVIQ-RV, FAST y Gordon mientras Betts tiene un comportamiento inverso.



**Figura 26:** El siguiente gráfico muestra los resultados de las puntuaciones de las 4 pruebas como tasas porcentuales para cada participante, donde 100% es la puntuación máxima para cada prueba. Tener en cuenta que la prueba de Betts tiene una escala de Likert invertida en comparación con las otras pruebas (Campos & Pérez-Fabello, 2005; Diez, 2006; Furman et al., 2024a; Pérez-Fabello & Campos, 2004).

Nota: Resultado Crivado = FAST.

Finalmente, se analizó la prueba de Betts para comparar las diferentes modalidades que componen la puntuación final de esta prueba. Estas modalidades fueron: Visual, Auditiva, Táctil, Cinestésico, Gustativa, Olfativa y Sensaciones orgánicas. La siguiente tabla muestra todas las correlaciones entre ellos y los valores p asociados. Todas las modalidades están relacionadas entre sí, siendo gustativa - olfativa y táctil - gustativa las que presentan mayor correlación (0,81 y 0,80 respectivamente) (**ver Tabla 8**).

Kendall Tau b correlation coefficient, N=29							
Prob > tau assuming H0> Tau=0							
	VISUAL	AUDITIVA	TÁCTIL	CINESTÉSICA	GUSTATIVA	OLFATIVA	SENS. ORG.
VISUAL	1.00000	0.62649 <0,0001	0,63722 <0.0001	0,63650 <0.0001	0,64400 <0.0001	0,48591 0.0008	0.57226 <0.0001
AUDITIVA		1.00000	0,72507 <0.0001	0,68699 <0.0001	0,70662 <0.0001	0,69168 <0.0001	0,67133 <0.0001
TÁCTIL			1.00000	0,59394 <0.0001	0,80217 <0.0001	0,78689 <0.0001	0,63734 <0.0001
CINESTÉSICA				1.00000	0,64437 <0.0001	0,5386 0,0003	0.71624 <0.0001
GUSTATIVA					1.00000	0,81440 <0.0001	0.73995 <0.0001
OLFATIVA						1.00000	0,73390 <0.0001
SENSACIONES ORGÁNICAS							1.00000

**Tabla 8:** Coeficiente de Concordancia de Kendall para evaluar la concordancia entre las modalidades de imágenes mentales evaluadas por la prueba de Betts: Visual, Auditiva, Táctil, Cinestésica, Gustativa, Olfativa y Sensaciones Orgánicas (Furman et al., 2024a).

Nota: "SENS. ORG." = Sensaciones Orgánicas.

*Objetivo 5: Determinar y analizar si el comportamiento de las dimensiones voluntaria e involuntaria de las imágenes mentales visuales tiene diferencias significativas.*

En este objetivo queríamos determinar si las respuestas de la dimensión voluntaria y las respuestas de la dimensión involuntaria son significativamente diferentes. Una prueba de Wilcoxon pareada mostró que la hipótesis de igualdad entre ambas dimensiones no se rechaza (valor de  $p=0.7088$ ), por lo tanto, las respuestas voluntarias e involuntarias miden el mismo efecto si se suman ambas respuestas de dimensión involuntaria de la prueba FASTx (Furman et al., 2024a).

Sin embargo, fue interesante determinar si los casos y los controles eran capaces de soñar con imágenes y tener imágenes espontáneas en su mente mientras estaban despiertos. Los resultados de la prueba de Wilcoxon mostraron que no hay diferencias entre ambos grupos en las respuestas de soñar con imágenes, es decir, casos y controles pueden soñar con imágenes (valor de  $p = 0,06$ ), sin embargo, sí hay diferencias entre ambos grupos en las respuestas de visualización espontánea, es decir, la mayoría de los sujetos afantásicos no tienen imágenes espontáneas mientras están despiertos (valor de  $p = 0,001$ ).

## Discusión:

### Resumen de hallazgos:

Hemos comparado un grupo de sujetos con afantasia congénita, que describe una incapacidad permanente para evocar imágenes mentales, con un grupo de sujetos de control con cierto grado de capacidad para evocar imágenes mentales voluntariamente. Hemos excluido sujetos con antecedentes psiquiátricos o neurológicos. Ambos grupos están claramente discriminados con el VVIQ-RV (Beato et al., 2006; Marks, 1973a, 1995). Hemos analizado las puntuaciones obtenidas por cada uno de los individuos y cada grupo por separado y hemos encontrado que hay diferencias significativas en el valor promedio de respuestas del grupo afantásico y del grupo control en las pruebas FAST (valor de  $p < 0,0001$ ), VVIQ-RV (valor de  $p < 0,0001$ ), en la prueba de Betts (valor de  $p < 0,0001$ ) y en la prueba de Gordon (valor de  $p < 0,0001$ ) (**ver figuras 22, 23, 24, 25 y tabla 6**). Dentro de la esfera voluntaria hemos encontrado que, las siete modalidades sensoriales evaluadas en la prueba de Betts (Visual, Auditiva, Táctil, Cinestésico, Gustativa, Olfativa y Orgánicas), todas las modalidades están relacionadas entre sí, siendo gustativa - olfativa y táctil - gustativa las que presentan mayor correlación (0,81 y 0,80 respectivamente) (**ver Tabla 8**). Al analizar las puntuaciones de los sujetos en las dimension voluntaria e involuntaria, la hipótesis de igualdad entre ambas no ha sido rechazada ( $p\text{-valor}=0.7088$ ), por lo tanto, las respuestas voluntarias e involuntarias miden el mismo efecto cuando se suman ambas respuestas de la dimensión involuntaria. Sin embargo, cuando se analizaron ambas preguntas de la dimensión involuntaria por separado, no hay diferencias entre ambos grupos en las respuestas relativas a soñar con imágenes, es decir, casos y controles pueden soñar con imágenes (valor de  $p = 0,06$ ), pero sí hay diferencias entre ambos grupos en las respuestas de visualización

espontánea, es decir, la mayoría de los sujetos afantásicos no tienen imágenes espontáneas mientras están despiertos (valor de  $p = 0,001$ ).

El análisis de la localización de fuentes de los ERPs, muestra que los afantásicos reemplazan toda la actividad de procesamiento en las áreas visuales tempranas presentes en el grupo de control durante la tarea de evocación de imágenes mentales visuales (P200 y N250 ERPs) y parte de ella durante la tarea visual (P200 ERP), con actividad en las áreas corticales temporales, insulares y frontales. Además, mientras que los controles muestran un patrón de actividad más bilateral durante ambas tareas, los afantásicos muestran una actividad más lateralizada (**ver tablas 3 y 4; figuras 20 y 21**). Finalmente, los afantásicos procesan información más rápido (con menos latencia) que los controles, particularmente durante la tarea visual (**ver Tabla 5**).

## 1.- Potenciales evocados

En primer lugar, nuestro principal hallazgo ha sido que el grupo de sujetos afantásicos, durante la tarea de evocación de imágenes mentales visuales, procesaba las imágenes mentales visuales sin la participación de áreas visuales posteriores. Y la confirmación de que los controles si las activan, para la misma tarea en el complejo P200-N250; en su lugar los afantásicos reclutan actividad cortical frontotemporal (**ver tablas 3 y 4; figuras 20 y 21**). Además, durante la tarea de percepción visual, se observó que los afantásicos reemplazan la participación bilateral de las áreas visuales tempranas presentes en el grupo control en el potencial evocado P200 (Cuneus, Precuneus y Calcarine), por activación de áreas insulares y temporales izquierdas.

De acuerdo con nuestros hallazgos, estudios de EEG y RMNf realizados en sujetos sin afantasia han demostrado que las imágenes y la percepción pueden compartir la participación de las áreas corticales visuales tempranas, tal como lo hemos descrito en los sujetos del grupo de control. Martha Farah fue la primera en publicar artículos utilizando Potenciales Relacionados con Eventos con sujetos sanos, durante las tareas de ver y luego evocar visualmente la misma imagen, donde describe la presencia de un locus de actividad común para las imágenes mentales visuales y para la percepción (Farah, 1985; Farah et al., 1989; Farah, Péronnet, et al., 1988). Otro estudio que comparó mapas topográficos de activación de EEG entre sujetos con la capacidad de generar imágenes vívidas y sujetos pobres visualizadores / no visualizadores, mostró que la actividad alfa del EEG se atenuó durante las generación de imágenes visuales en los generadores de imágenes vívidas en el cuadrante posterior izquierdo, indicando que la actividad en esa área aumentó, pero aumentó ligeramente en los generadores de imágenes no vívidas indicando que en esa área la actividad disminuyó (Marks & Isaac, 1995). Otro estudio realizado con potenciales evocados, publicado por Page y

colaboradores, demostró que las áreas tempranas de procesamiento visual desempeñan un papel dinámico en la evocación de imágenes mentales en sujetos neurotípicos (Page et al., 2011). Un estudio publicado en 2005, ha descrito mediante el uso de RMNf durante tareas de observación y evocación de imágenes mentales que la activación de áreas visuales tempranas inducida por imágenes mentales visuales está organizada retinotópicamente en áreas visuales primarias (Slotnick et al., 2005). Además, la viveza de las imágenes dependería de la superposición neuronal con la percepción en las áreas visuales (Dijkstra, Bosch, et al., 2017). Y ha sido demostrado que la excitabilidad de la corteza visual desempeña un papel en la intensidad de las imágenes mentales visuales (Keogh et al., 2020). Un metaanálisis de estudios de neuroimagen realizados con sujetos neurotípicos, reveló que V1 mostró activación en las imágenes mentales visuales, incluso cuando los participantes tenían los ojos cerrados (Winlove et al., 2018). En otro estudio, se describieron como la estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr) aplicada a la corteza visual temprana en forma de pulsos inhibitorios, específicamente al área 17 de Brodmann, podía inhibir la capacidad de evocar imágenes mentales visuales (Kosslyn et al., 1999). En el mismo estudio, describieron que la misma área está activa mientras los sujetos neurotípicos realizan una tarea de evocación de imágenes mentales visuales con los ojos cerrados utilizando tomografía por emisión de positrones (Kosslyn et al., 1999). Esto no quiere decir que esta sea la única área cortical importante para la generación de imágenes mentales visuales y la percepción; una gran red de áreas occipitales, temporales, parietales y frontales están involucradas en las imágenes y la percepción visuales (Dijkstra et al., 2019; Pearson, 2019). Si bien la percepción sería inicialmente un proceso de abajo hacia arriba (primero tiene lugar la sensación que se impone desde nuestras cortezas sensitivas) y luego de arriba hacia abajo (aquí es donde tiene lugar la percepción propiamente dicha en términos

Hebbianos, proceso en el que se le da sentido a la información sensorial); en cambio la generación de imágenes mentales visuales sería principalmente un proceso de arriba hacia abajo, como lo había anticipado Hebb (1968) (Dijkstra et al., 2018; Dijkstra, Zeidman, et al., 2017; Hebb, 1968; Mechelli et al., 2004b). Esta idea ha sido sintetizada por el “modelo de la jerarquía visual inversa” o “visión al revés”. Donde el proceso de creación de una imagen mental comenzaría alto en la jerarquía del procesamiento cortical visual, en la corteza frontal (Primer Paso). Luego se desencadenaría una cadena de eventos neuronales, que fluirían “hacia atrás” recuperando información abstracta de tipo semántico-conceptual almacenada en regiones más posteriores, en los lóbulos temporales mediales (Segundo Paso), y finalmente información sensorial (en las áreas visuales tempranas, de la corteza occipital) e información espacial si fuera necesario para la tarea (en áreas de la corteza parietal) (Tercer Paso) (**ver figura 14**) (Dentico et al., 2014; Dijkstra et al., 2018, 2019; Dijkstra, Zeidman, et al., 2017; Pearson, 2019).

Sin embargo, también hemos señalado que existen estudios con evidencia de pacientes con daño cerebral adquirido, que sustentan que las áreas visuales occipitales no necesariamente necesitan estar involucradas para la generación de imágenes mentales, ni su lesión sería exclusiva de la fenomenología de la afantasia (Bartolomeo, 2008; Bartolomeo et al., 2020). En esta línea, hubo un estudio de resonancia magnética funcional en el que individuos con daño bilateral en V1 exhibieron procesos similares a la imaginación, habiendo quedado ciegos, mientras aún activaban regiones cerebrales frontal, parietal y occipital como su grupo de control (de Gelder et al., 2015). Otro estudio, en esta línea, mostró que dos pacientes con daño en el lóbulo temporal y áreas visuales primarias intactas, resultaron en un deterioro de las capacidades de visualización (Moro et al., 2008). En relación con este último trabajo, mi opinión es que siendo el área temporal izquierda parte de un gran circuito necesario para la generación

de imágenes mentales visuales y que además se encuentra en una jerarquía visual superior, no debería sorprender que su daño pueda resultar en una afantasia adquirida. Me parece que es lógico desde el punto de vista del modelo de la “visión al revés” citado anteriormente.

Interesantemente, nuestros resultados muestran la presencia de actividad temprana de las áreas visuales posteriores (cuneus, calcarine y precuneus) durante la tarea de evocación de imágenes mentales visuales en el grupo de control con capacidades de visualización y esta actividad está ausente en el grupo afantásico. Tengo la impresión, de que en lugar de retroceder hasta las áreas corticales visuales occipitales/parietales (que sería el tercer paso en el modelo de jerarquía inversa para los no afantásicos), el grupo afantásico mantiene la actividad frontotemporal, que implicaría sólo el primer y segundo paso. del modelo de jerarquía inversa, obteniendo sólo la información semántica, el conocimiento, sin las imágenes visuales.

En segundo lugar, al analizar las localizaciones de fuentes cerebrales de los ERP, ha quedado en evidencia que, a diferencia del grupo de control que tiene más actividad bilateral de procesamiento en ambas tareas, el grupo de sujetos afantásicos muestra una mayor tendencia hacia la lateralización de las áreas de procesamiento cortical. Los sujetos afantásicos lateralizan parte del procesamiento de la información hacia la izquierda durante la tarea de evocación de imágenes (N170-P200-N250) y la tarea visual (P200). Y hacia la derecha durante la tarea visual en N170 y N250, mientras aún mantienen actividad frontal y occipital bilateral (N170-N250) (**ver tablas 3 y 4; figuras 20 y 21**).

La tendencia hacia la lateralización ya se había observado en un reporte de caso, publicado por nuestro equipo, sobre un sujeto con afantasia en 2022 (Furman et al., 2022). Mientras la lateralización hacia áreas temporales izquierdas exhibida por el grupo de afantásicos fue muy similar a la reportada en 2022, una diferencia con el reporte de caso publicado en 2022 fue la aparición de cierta lateralización derecha durante la tarea visual en N170 y N250, que estuvo presente pero no fue significativa en el reporte de caso. Quizás el efecto de grupo la ha hecho más apreciable. La tendencia hacia la lateralización en los afantásicos, también se ha informado en otro estudio que compara a los afantásicos con controles y con sujetos con hiperfantasia utilizando RMNf en un paradigma de estado de reposo. En este trabajo, describen que el grupo de sujetos afantásicos tenía una conectividad, en estado de reposo, más fuerte entre el hipocampo izquierdo y una región de la corteza cingulada anterior; la red de atención dorsal izquierda y la circunvolución frontal media; la red de control frontoparietal izquierda y la corteza orbitofrontal izquierda; y entre la red de atención dorsal izquierda y el área de Brodmann BA8 derecha en la corteza frontal (Milton et al., 2021). Esta evidencia muestra que los afantásicos pueden tener un rasgo de lateralización izquierda.

Pienso que esto podría estar relacionado con una forma más semántica de procesar la información (frente a una forma más pictórica).

Sin embargo, también hay un estudio que describe la tendencia hacia la lateralización también se ha descrito durante la visualización en la población general, particularmente en la corteza temporal inferior (Liu et al., 2022). También ha surgido evidencia de lateralización a partir de estudios de daño cerebral, que muestran que una lesión estratégica en el lóbulo temporal inferior izquierdo podría afectar la capacidad de producir imágenes mentales visuales (Moro et al., 2008). Un metaanálisis publicado en 2021 estudió trabajos realizados con RMNf, en sujetos neurotípicos, donde se describían tareas con imágenes mentales visuales. Describió que las imágenes mentales visuales comprometerían redes frontoparietales bilaterales y un área en la circunvolución fusiforme izquierda en sujetos neurotípicos (Spagna et al., 2021). Son puntos importantes para considerar: primero, que el estímulo aplicado en las imágenes mentales visuales puede afectar diferentes áreas participantes (Liu et al., 2022); segundo, que los estudios de resonancia magnética funcional podrían tener una resolución temporal más baja en comparación con los estudios de EEG, lo que permite la observación de procesos de inicio posteriores a los 300 ms (Glover, 2011; Reinvang et al., 1998).

En tercer lugar, al comparar las latencias de los ERP entre el grupo afantásico y el grupo control, ha quedado en evidencia que el grupo afantásico a obtenido menores latencias que el grupo control en todos los ERP en ambas tareas, sin embargo esta diferencia ha sido estadísticamente significativa solo durante la tarea visual en los tres ERP N170-P200-N250.

A la vista de estos resultados la hipótesis queda como parcialmente confirmada dado que en principio asociábamos estos resultados a ambos procesos visual y imaginativo. La idea era que probablemente los afantásicos no estaban procesando (codificando, consolidando ni recuperando) en su memoria la misma cantidad y cualidad de información que los sujetos no afantásicos, puesto que solo tendrían disponible para recuperar de la memoria la información abstracta-simbólico-semántica almacenada en áreas de la corteza temporal. Mientras los no afantásicos tenían que codificar, consolidar y recuperar eventualmente, tanto este tipo de información como la información visual pictográfica para ser evocada más tarde.

Podemos encontrar evidencia a favor de esta idea en los argumentos esgrimidos en la discusión de la hipótesis 5. Los afantásicos durante la tarea de percepción visual, al procesar la información reemplazan actividad de áreas visuales tempranas por actividad en áreas temporales (P200). Esto evidencia una clara evidencia en el proceso de codificación, derivando procesamiento desde áreas visuales hacia áreas de mayor abstracción simbólico-semántica. En el caso de la tarea de evocación de imágenes mentales, el grupo de los sujetos afantásicos solo logra reclutar áreas frontales y temporales (los primeros dos pasos del modelo de “visión en revés”), mientras los controles logran reclutar áreas frontales, temporales, occipitales y parietales (pudiendo completar los 3 pasos del modelo de “visión en revés”). Habiendo, realizado un reporte de caso sobre un paciente afantásico, con similares alteraciones en el procesamiento,

pero sin grupo de control para poder compararlo, entendimos que un estudio de casos y controles sería el siguiente paso lógico (Furman et al., 2022).

La confirmación parcial de esta hipótesis fue sorprendente, porque salvo nuestros razonamientos no encontramos reportes en la literatura avalando o proponiendo esta idea. Los académicos han debatido durante mucho tiempo la naturaleza de las imágenes visuales, algunos argumentando que eran pictóricas (Kosslyn, 1994) y otros que eran abstractas o simbólico similares al lenguaje (Pylyshyn, 2003). En 2015, luego de múltiples intentos de cerrar este debate, la idea de que las dos formas de representación mental eran posibles en sujetos neurotípicos fue la que finalmente prosperó a la luz de la evidencia, trasladando este debate hacia la caracterización de los diferentes rasgos de la representación mental humana (Pearson & Kosslyn, 2015).

Contemplando estos argumentos es que llegamos a la idea de que procesar un tipo de información en detrimento de otra, en vez de procesar ambos tipos (lo que no excluye el procesado de otros tipos de información, como por ejemplo la emocional) debería tomar menos tiempo y por lo tanto evidenciarse una menor latencia. Entonces, si los sujetos afantásicos procesan información visual dando prioridad a la codificación de información semántica, al no tener que procesar información pictórica y semántica, podría ser más directo y económico desde el punto de vista del procesamiento, tomando menos tiempo. Esperamos que investigaciones futuras, puedan ampliar nuestra comprensión sobre este fenómeno.

## 2.- Neuropsicología

Al analizar las pruebas neuropsicológicas, encontramos que ambos grupos fueron significativamente discriminados con el VVIQ-RV ( $p < 0.0001$ ) (Beato et al., 2006; Marks, 1973a). Esto no ha sido una sorpresa puesto que esta prueba ha sido utilizada en múltiples estudios de casos y controles para discriminar casos de Afantasia de sujetos sin afantasia (Keogh, Pearson, et al., 2021; Milton et al., 2021; Pearson & Westbrook, 2015; R Keogh, 2017; A. Zeman et al., 2015b). Luego, al analizar las puntuaciones obtenidas por cada uno de los individuos y cada grupo por separado, hemos encontrado que hay diferencias significativas en el valor promedio de respuestas del grupo afantásico y del grupo control en las pruebas FAST (valor de  $p < 0,0001$ ), VVIQ-RV (valor de  $p < 0,0001$ ), en la prueba de Betts (valor de  $p < 0,0001$ ) y en la prueba de Gordon (valor de  $p < 0,0001$ ) (**ver figuras 22, 23, 24, 25 y tabla 6**) (Campos & Pérez-Fabello, 2005; Diez, 2006; Pérez-Fabello & Campos, 2004). Estos resultados describen que cada una de estas pruebas es capaz de discriminar entre casos y controles en base a las puntuaciones obtenidas por los sujetos. Es decir, las capacidades de viveza de las imágenes mentales visuales (VVIQ-VR) (Diez, 2006); las capacidades de viveza de las imágenes mentales multisensoriales evaluada con la prueba de Betts (Campos & Pérez-Fabello, 2005); la capacidad de controlar las imágenes mentales visuales evaluada con la prueba de Gordon (Pérez-Fabello & Campos, 2004); y las capacidades de evocar voluntariamente imágenes preguntadas en la prueba (Furman et al., 2024a); son todas capacidades que, según la interpretación de nuestros resultados, están afectadas en los sujetos afantásicos y están conservadas en los sujetos sin afantasia, con diferencias estadísticamente significativas (valor de  $p < 0,0001$ ) (Furman et al., 2024a). Dando por confirmada la hipótesis de que *“los sujetos afantásicos obtendrán diferencias*

*significativas en las pruebas neuropsicológicas relacionadas con la viveza y la controlabilidad de las imágenes mentales con el grupo control”.*

En línea con estos resultados, han publicado McKelvie (Mckelvie, 1995) y Marks (Marks, 1999). Marks ha planteado que la capacidad de generar, mantener y, por tanto, controlar imágenes mentales debiera ser una condición previa para la evaluación de la viveza de las imágenes mentales (Marks, 1999). Apoya este planteo, en el trabajo de Mc Kelvie (1995), donde el control y la viveza han mostrado niveles moderados de correlación (con una media de 0,396 en 18 estudios) (Mckelvie, 1995). Resultados en línea con estas afirmaciones obtuvo también Lane (1977), cuando estudió las correlaciones entre la prueba de Gordon de control de las imágenes mentales y el cuestionario de Betts sobre la viveza de las imágenes (n=320 estudiantes de psicología), las cuales oscilaron entre 0,47 y 0,57. El autor plantea que la viveza y el control de las imágenes no estaban claramente diferenciados en la práctica (Lane, 1977). Sin embargo, al estudiar la controlabilidad de las imágenes mentales, ha habido pruebas que pudieron ser resueltas con estrategias alternativas sin la necesidad de contar con imágenes mentales. Tal ha sido el caso de la prueba conocida como Mental Rotation Task (MRT) (Vandenberg & Kuse, 1978). La cual ha podido ser resuelta por sujetos afantásicos con el mismo nivel de dificultad que los sujetos controles, pero utilizando estrategias alternativas de tipo espaciales/cinestésicas que no incluían la necesidad de imágenes mentales visuales (Furman et al., 2022; Keogh & Pearson, 2018; Zhao & Sala, 2018). Distinto ha sido el caso de la Prueba de Control de Imágenes Mentales Visuales de Gordon, donde no puede eludirse la presencia de imágenes mentales visuales para la resolución de la tarea de controlabilidad (Furman et al., 2022; Pérez-Fabello & Campos, 2004). Podría argumentarse que en pruebas como esta, la relación entre viveza y controlabilidad queda de manifiesto como lo planteaba Marks (1999) y Lane (1977), no

pudiendo ser resuelta con estrategias alternativas (Furman et al., 2022; Marks, 1999; Lane 1977). En esta línea, Lorenz y Neisser (1985), estudiaron las relaciones entre diversas medidas de imaginación mental mediante análisis factorial y otros procedimientos correlacionales. Cuarenta y seis sujetos completaron una serie de pruebas de imaginación mental: VVIQ de Marks, Prueba de Gordon, Forma de Relaciones Espaciales de la Prueba de Aptitud Diferencial, Formas A y B de Visualización de Barratt, QMI de Betts, Tarea de Cortar el Cubo, y VVQ de Richardson. El análisis factorial reveló tres factores con correlación mayor a 0.50 "viveza y control" (Gordon 0.813/ Betts 0.808 / VVIQ 0.776), "manipulación espacial" (DAT 0.851 / Barrat 0.518) y "elaboración espontánea" (Barrat 0.736 / VVQ 0.931) (Lorenz & Neisser, 1985).

Al analizar las siete modalidades sensoriales evaluadas en la prueba de Betts (Visual, Auditiva, Táctil, Cinestésico, Gustativa, Olfativa y Orgánicas) en su dimensión voluntaria (Campos & Pérez-Fabello, 2005), los resultados muestran que todas las modalidades están relacionadas entre sí, siendo gustativa - olfativa y táctil - gustativa las que presentan mayor correlación (0,81 y 0,80 respectivamente) (**ver Tabla 8**). Interesantemente, Betts en 1909 (Betts, 1909), realizó el primer estudio multimodal sobre imágenes mentales voluntarias, donde analizó la correlación de los distintos tipos de imágenes mentales entre si. El estudio incluyó cuatro grupos diferentes que totalizaron n=143 personas. Dos grupos eran de estudiantes de tercer y cuarto año de clases de psicología en Cornell College, un tercer grupo estaba formado por estudiantes de psicología educativa para escritores en el Teachers College de la Universidad de Columbia y un cuarto grupo restante estaba formado por profesores y otros estudiantes capacitados en psicología en la Universidad de Columbia. Betts escribió que lo que más le llamó su atención fue que *“La capacidad de visualización voluntaria se distribuye*

*mucho más uniformemente entre los diferentes tipos de imágenes de lo que comúnmente se pensaba... con altas correlaciones encontradas en todas las modalidades”* (Betts, 1909), para analizar esto comparó, la correlación de cada tipo de imágenes con todos los demás tipos, utilizando el promedio como medida de tendencia central y la desviación promedio del promedio como medida de variabilidad. Y para obtener el coeficiente de correlación utilizó tanto el método de Pearson como el porcentaje de pares con signos diferentes (Betts, 1909). Lorenz y Neisser (1985) hallaron una correlación de 0.43 ( $p < 0,001$ ) entre la prueba de Betts (multimodal) y el VVIQ (visual) (Lorenz & Neisser, 1985). En el trabajo publicado por Zeman y Colaboradores en 2015 (A. Zeman et al., 2015b) describe que 10 de los 21 sujetos afantásicos describían que su incapacidad de evocar imágenes mentales era en todas las modalidades sensoriales. En el trabajo que el mismo autor publica en el año 2020, con  $n=2000$  participantes, de los cuales  $n=200$  eran afantásicos, describe que alrededor de la mitad de los afantásicos (54%) describía que su afecía era en todas las modalidades (A. Zeman et al., 2020). En el 2020, el equipo de Dawes y colaboradores (Dawes et al., 2020), reportaron que en comparación con los participantes del grupo control con capacidad de imaginación, los individuos afantásicos informaron de una disminución de la imaginación en todas las demás modalidades sensoriales (medidas con el Questionnaire upon Mental Imagery, QMI), incluidas la auditiva, la táctil, la visual, cinestésica, gustativa, olfativa y la emocional (todas las pruebas U de Mann-Whitney,  $p < 0,0002$ ). Sin embargo, sólo el 26,22% de los participantes afantásicos informaron de una falta total de imágenes multisensoriales, mientras que el resto de los afantásicos (73,78%) informó de algún grado de imagería en modalidades sensoriales no visuales (aunque significativamente reducidas en comparación con los controles. Lo que según los investigadores, sugería que podría haber subcategorías de afantasia cuyo estudio

debía ser investigado. En el 2021, Hinwar y Lamber (Hinwar & Lambert, 2021), propusieron el término “Anauralia” para describir a los sujetos que carecían de imágenes mentales en la modalidad auditiva. Estudiaron una muestra de n=128 sujetos contestaron los cuestionarios de Imágenes auditivas (Bucknell Auditory Imagery Scale-Vividness, BAIS-V; (Halpern, 2015)) y de imágenes visuales (Cuestionario de intensidad de imágenes visuales-Modificado, VVIQ-M; (Marks, 1995)). Encontraron que la mayoría de los sujetos que se autoreportaban como afantásicos, también reportaban pobreza o ausencia en la capacidad de evocar imágenes mentales auditivas. Así como también encontraron ejemplos de sujetos con una o la otra capacidad ausente en una proporción mucho más pequeña. En el 2023, Dawes, Keogh y Pearson, investigaron los subtipos multisensoriales de la afantasia (Dawes et al., 2023). Para ello investigaron dos grandes muestras de sujetos (n=964 y n=1148) que se autodescribían como afantásicos y que habían completado el cuestionario de imágenes mentales visuales (Vividness of Visual Imagery Questionnaire; Marks, (Marks, 1973b, 1973a)) y el cuestionario de imágenes multisensoriales (Questionnaire upon Mental Imagery, QMI; (Sheehan, 1967)). Luego realizaron un análisis agrupamiento (“clustering”) para clasificar los subgrupos latentes entre los afantásicos según las puntuaciones del cuestionario de imágenes multisensoriales QMI. Estos investigadores plantean que la afantasia sería un fenómeno heterogéneo caracterizado por subgrupos dominantes de individuos con afantasia visual (aquellos que informan de ausencia selectiva de imágenes visuales) y afantasia multisensorial (aquellos que informan de incapacidad para generar imágenes mentales conscientes en cualquier modalidad sensorial). Además agregan que habría subtipos de afantasia más singulares, como los individuos con imágenes mentales selectivamente preservadas en una sola modalidad sensorial. En esta misma línea, Takahashi y colaboradores, publicaron un estudio en 2023 (Takahashi

et al., 2023) donde con n=2871 participantes que contestaron las pruebas de VVIQ, QMI y preguntas de autoidentificación, donde encontraron que entre un 3,7 y un 12.1% cumplían con los criterios del VVIQ y la autoidentificación con la afantasia respectivamente. Al analizar a los sujetos afantásicos, describieron dos subgrupos, los “afantásicos visuales” y los “afantásicos multisensoriales”. Por lo tanto, la ampliación del concepto de afantasia podría permitir profundizar en futuras investigaciones su comprensión y de esta manera recorrer el camino desde la fenomenología hacia la neurobiología a través de técnicas que nos permitan su observación y estudio en forma objetiva.

Finalmente, en relación a los resultados de la Prueba FAST, es comprensible que una prueba que evalúa exclusivamente la capacidad de evocar imágenes mentales en forma voluntaria, como lo es la hace esta prueba, sea capaz de discriminar entre afantásicos en los términos de la definición de Zeman y los sujetos controles, siendo este el núcleo sintomático que diferencia a los sujetos afantásicos de los controles (A. Zeman et al., 2015b). Lo interesante es su capacidad de hacerlo con solo 3 preguntas con un valor de  $p < 0,0001$ , pudiendo ser una herramienta de cribado de gran valor para su implementación en futuras investigaciones o en la clínica eventualmente, siendo que hasta el momento no se encuentran disponibles ninguna herramienta diseñada específicamente a tal fin (Furman et al., 2024a).

Con el objeto de analizar si las respuestas de la dimensión voluntaria y las respuestas de la dimensión involuntaria fueron significativamente diferentes, se realizó una prueba de Wilcoxon pareada, la cual mostró que la hipótesis de igualdad entre ambas dimensiones no fue rechazada ( $p=0.7088$ ), por lo tanto, las respuestas voluntarias e involuntarias midieron el mismo efecto si sumamos ambas respuestas de la dimensión involuntaria de la prueba FASTx, la versión extendida de la Prueba FAST, que incluye dos preguntas sobre la dimensión involuntaria de la Afantasia, una sobre imágenes mentales involuntarias estando despierto y otra sobre imágenes mentales estando dormido (Furman et al., 2024a). Sin embargo, al analizar ambas preguntas de la dimensión involuntaria por separado, no se encontraron diferencias entre ambos grupos en las respuestas relativas a soñar con imágenes ( $p = 0,06$ ), es decir, casos y controles pudieron soñar con imágenes; pero sí se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos en las respuestas de visualización espontánea estando despiertos ( $p = 0,001$ ). En concreto, el **100% de los sujetos del grupo control ha tenido respuesta afirmativa a ambas preguntas de la dimensión involuntaria** (sueñan y han tenido visualizaciones espontaneas). Mientras que, **diez de los sujetos con afantasia (77%) conserva la capacidad de tener sueños con imágenes mentales visuales**, de los cuales **uno (7.7%) es capaz de afirmar que además ha tenido imágenes mentales visuales espontaneas estando despierto y cuatro (30.8%) no están seguros**. Ningún afantásico (0%) ha reportado la asociación de “si tener imágenes mentales espontaneas estando despierto y no soñar con imágenes visuales”. Solo **tres sujetos afantásicos (23%) son incapaces de responder afirmativamente a ambas preguntas de la dimensión involuntaria** (no han tenido sueños con imágenes mentales, ni visualizaciones espontaneas) (Furman et al., 2024a).

El primero en ocuparse de la dimensión involuntaria de las imágenes mentales ha sido George Betts en 1909 (Betts, 1909), quien expandió los estudios de Fechner (Fechner, 1860) y Galton (Galton, 1880) sobre las imágenes mentales visuales voluntarias, hacia el estudio de los otros sentidos y de la dimensión espontánea (como denomina a la dimensión involuntaria o no controlada). Luego de una pausa de largos años, secuela de las críticas de la escuela conductista a los métodos de investigación utilizados para el abordaje de las imágenes mentales (Watson, 1913), Rosemary Gordon (Gordon, 1949) retoma, en una publicación, la hipótesis de que las imágenes mentales podrían ser controlables (voluntarias) o autónomas (involuntarias, espontáneas) para intentar describir la naturaleza y contenido de cada una de estas. Seguida de Jerome Singer (J. Singer & Antrobus, 1963; J. L. Singer & Schonbar, 1961), quien realizó estudios de análisis factorial sobre el fenómeno del Soñar Despierto o Daydreaming, donde el control volitivo cede temporalmente su lugar a la libre asociación. Describe una alta correlación (0.70) entre la frecuencia de recordar los sueños nocturnos con la frecuencia del soñar despierto. Años más tarde, Bill Faw (Faw, 1997, 2009a), abordó el estudio de las imágenes mentales visuales voluntarias e involuntarias, con la novedad de incluir al subgrupo de los “no-imaginadores” (Non-imagers) para compararlos con los que sí tienen imágenes mentales visuales voluntarias, en un estudio con n=2500 sujetos participantes. En sus trabajos describe una *doble disociación*, entre las capacidades de evocar imágenes mentales estando despierto y las capacidades de tener sueños con imágenes mentales en ambos grupos. En 2015, Adam Zeman publica un trabajo con n=21 (9 pobres visualisadores y 12 con ninguna capacidad de evocar imágenes mentales visuales voluntariamente) (A. Zeman et al., 2015b), donde describe que el 81% (17/21) eran capaces de soñar con imágenes, y el 48% (10/21) reportaba haber tenido alguna vez imágenes espontáneas estando despierto. Es interesante que emerge un patrón con

semejanzas a los resultados presentados en esta tesis (Furman et al., 2024a). Donde el porcentaje de afantásicos que si tiene sueños con imágenes es del 81% vs 77% respectivamente. Mientras que un porcentaje mucho menor, es capaz de tener imágenes espontaneas estando despierto (48% vs 7.7 - 38.5% respectivamente, dependiendo de como se contabilicen aquellos que no están seguros). Zeman y Col., plantean en esta publicación, que habría una disociación entre las capacidades relativas a las imágenes voluntarias e involuntarias (A. Zeman et al., 2015b). En el 2018, Watkins (Watkins, 2018), quien se describe a si mismo como afantásico en los términos plantados por Zeman, describió que su experiencia y la de otros afantásicos que expone en su trabajo, excede a la incapacidad de evocar imágenes mentales visuales voluntarias (definición original de Afantasia realizada por Zeman y Col. (A. Zeman et al., 2015b)). Por lo tanto plantea incorporar la incapacidad de evocar imágenes mentales involuntaria o espontaneamente, como un grado más profundo de afantasia, en sus términos “Afantasia Completa”. Planteando que la incapacidad de evocar solamente imágenes mentales voluntarias sería una “Afantasia Parcial”. Además realiza un planteo sobre la dificultad de responder a la pregunta por los sueños visuales siendo afantásico. El autor refiere estar casi seguro que sueña con imágenes, pero que no lo puede precisar, puesto que su incapacidad para recordarlas debido a la ausencia de imágenes en vigilia hace que le sea imposible estar seguro (Watkins, 2018). Descripción muy similar a la que realizó el paciente del caso reportado en 2022 por nuestro equipo (Furman et al., 2022). En los estudios de la presente tesis, dos afantásicos plantearon su incapacidad para responder esta pregunta (optaron poner la opción “No estoy seguro”, en la prueba FASTx) y uno solo pudo afirmar la ausencia de esta capacidad (Furman et al., 2024a).

En el 2020, el trabajo de Dawes y col. (Dawes et al., 2020), con n=267 sujetos afantásicos y dos grupos control de n=203 y n=197 respectivamente, describieron que

los afantásicos reportaron menor frecuencia de sueños con imágenes ( $p < 0.0002$ ) y aquellos que soñaban, sus sueños tenían una cualidad sensorial empobrecida en todas sus modalidades en comparación con los controles, según lo medido por la escala SERS ( $p < 0.0002$ ). En el mismo año un nuevo trabajo del equipo de Zeman y col (A. Zeman et al., 2020), ahora con un  $n=2000$  sujetos participantes (entre Afantásicos, controles e Hiperfantásicos), describe que los participantes en el grupo de afantasia tenían menos probabilidades de experimentar imágenes visuales en sueños que los grupos de hiperfantasia o de control, encontrando una diferencia significativa entre los grupos ( $p < 0,001$ ). Específicamente, el 20,7% de los participantes afantásicos informaron que sueñan sin imágenes, y el 7,5% no sueña en absoluto. Mientras que en el grupo de control fueron 6,5% y 0,5%, y en el grupo hiperfantastico 0,5% y 0% respectivamente.

En el año 2023, Beran y cols. (Beran et al., 2023) publicaron un trabajo con  $n=5010$  participantes adultos de la población general de Estados Unidos, en el que se utilizaron dos cuestionarios específicos sobre imágenes mentales (VVIQ y OSIQ). Los autores reportaron que hubo un efecto significativo entre la puntuación del VVIQ y la frecuencia de los sueños ( $p < 0.001$ ), donde aquellos participantes cuyo puntaje VVIQ indicaba afantasia tenían más probabilidades de reportar "pocos o ningún sueño" que aquellos con puntajes medios y altos del VVIQ, siendo los de puntajes altos (hiperfantasía) los que con mayor frecuencia reportaron haber soñado.

En resumen podemos decir que, si tomamos juntas ambas respuestas de las dimensión involuntaria, los sujetos afantásicos no obtienen diferencias significativas en las dimensiones voluntaria e involuntaria de las imágenes mentales visuales, midiendo ambas el mismo efecto. Que los sueños con imágenes y las imágenes mentales espontaneas al estar despierto tienen una distribución diferente, encontrando en nuestra muestra, diferencias significativas en la dimensión involuntaria entre casos y controles

al estar despierto, pero no al estar dormido, cuando se mide cada una por separado. Sin embargo, este efecto podría ser atribuible al tamaño de la muestra. Al revisar la literatura emerge que, aunque un porcentaje alto de los afantásicos reporta tener sueños con imágenes (cerca al 80%), el porcentaje de afantásicos que reporta no tener la capacidad es consistentemente mayor que en los controles y los hiperfantásicos (Dawes et al., 2020; Furman et al., 2024a; A. Zeman et al., 2015b, 2020); con un efecto significativo entre la puntuación del VVIQ y la frecuencia de los sueños ( $p < 0.001$ ) (Beran et al., 2023). Y que la cantidad de afantásicos que reportan haber tenido imágenes mentales visuales involuntarias estando despierto, es consistentemente menor que el que reporta haber tenido sueños con imágenes, siendo significativamente menor que en los controles o los hiperfantásicos (Furman et al., 2024a; A. Zeman et al., 2015b, 2020). Y que por lo tanto la propuestas de subdividir a los afantásicos, según sus capacidades en relación a las dimensiones voluntaria e involuntaria, o en relación a las distintas modalidades sensoriales, podría permitir profundizar el estudio fenomenológico y eventualmente de sus bases neurobiológicas (Dawes et al., 2023; Takahashi et al., 2023; Watkins, 2018). Por lo tanto, la hipótesis “los sujetos afantásicos no obtendrán diferencias significativas en la dimensiones voluntaria e involuntaria de las imágenes mentales visuales” se confirma parcialmente. Y futuras investigaciones deberían profundizar nuestra comprensión de la poco explorada dimensión involuntaria de las imágenes mentales.

## Conclusiones

- 1) En relación con nuestra primera hipótesis en la que queríamos comprobar si los afantásicos obtendrían una actividad significativamente mayor que el grupo control en las áreas temporales y significativamente menor en las áreas occipitales. Hemos encontrado que los afantásicos manifiestan una mayor actividad en áreas frontotemporales mientras que los no afantásicos en áreas occipitales.
- 2) En relación con nuestra segunda hipótesis, en la que queríamos comprobar si los afantásicos lateralizarían el procesamiento cerebral de la información hacia áreas temporales izquierdas. Hemos comprobado que efectivamente existe una lateralización hacia el hemisferio izquierdo en los sujetos afantásicos, durante la tarea de evocación (N170-P200-N250) y durante la durante tarea de percepción (P200) (probablemente debido a una codificación prioritariamente semántica/simbólica). Además, se ha encontrado cierta lateralización hacia la derecha durante la tarea de percepción (N170 - N250).
- 3) En relación con nuestra tercera hipótesis, en la que queríamos comprobar si los sujetos afantásicos obtendrían una menor latencia que el grupo control, en los potenciales evocados N170-P200-N250, debido a una menor cantidad de estímulos procesados. Hemos comprobado que el grupo de afantásicos manifiesta una latencia más corta en todos los potenciales solamente durante la

percepción visual. Mientras durante la tarea de imaginación no aparecen diferencias significativas.

- 4) En relación con nuestra cuarta hipótesis en la que queríamos comprobar si los sujetos afantásicos obtendrían diferencias significativas en las pruebas neuropsicológicas relacionadas con la viveza y la controlabilidad de las imágenes mentales con el grupo control. Hemos encontrado que las cuatro pruebas neuropsicológicas se obtienen resultados asociados con menor viveza y controlabilidad en los sujetos afantásicos.
  
- 5) En relación con nuestra quinta hipótesis en la que queríamos comprobar que los sujetos afantásicos no obtendrían diferencias significativas en la dimensiones voluntaria e involuntaria de las imágenes mentales visuales. Hemos encontrado que la mayoría de los sujetos afantásicos tiene sueños con imágenes mentales sin diferencias estadísticamente significativas de los controles, mientras que si hay diferencias estadísticamente significativas con relación a su falta de capacidad de evocar imágenes mentales espontaneas.

## **Bibliografía:**

American Psychiatric Association. (2013). Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders.

*Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders.*

<https://doi.org/10.1176/APPI.BOOKS.9780890425596>

*aphantasia - Search Results - PubMed.* (2023, November 28).

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=aphantasia&timeline=expanded>

*Aphantasia - Search results - WOS.* (2023, November 28). Web of Science.

[https://www.webofscience.com/wos/alldb/analyze-results/a3d16e12-4e80-4c15-b292-](https://www.webofscience.com/wos/alldb/analyze-results/a3d16e12-4e80-4c15-b292-fe615d2ae4b5-b8a34f68)

[fe615d2ae4b5-b8a34f68](https://www.webofscience.com/wos/alldb/analyze-results/a3d16e12-4e80-4c15-b292-fe615d2ae4b5-b8a34f68)

*Aphantasia on Google Ngram.* (n.d.). Google-Ngram. Retrieved June 23, 2021, from

[https://books.google.com/ngrams/graph?content=aphantasia&year\\_start=1850&year\\_end=2019&corpus=26&smoothing=3](https://books.google.com/ngrams/graph?content=aphantasia&year_start=1850&year_end=2019&corpus=26&smoothing=3)

Aristotle, & D.W., H. (1968). *ARISTOTLE'S DE ANIMA Books II and III with Certain Passages from Book I.* Clarendon Press.

Bainbridge, W. A., Pounder, Z., Eardley, A. F., & Baker, C. I. (2021). Quantifying aphantasia through drawing: Those without visual imagery show deficits in object but not spatial memory. *Cortex*, *135*, 159–172. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2020.11.014>

Bartolomeo, P. (2008). The neural correlates of visual mental imagery: An ongoing debate. *Cortex*, *44*(2), 107–108. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2006.07.001>

Bartolomeo, P., Hajhajate, D., Liu, J., & Spagna, A. (2020). Assessing the causal role of early visual areas in visual mental imagery. In *Nature Reviews Neuroscience* (Vol. 21, Issue 9, p. 517). Nature Research. <https://doi.org/10.1038/s41583-020-0348-5>

Beato, M. S., Díez, E., Pinho, M. S., & Simões, M. R. (2006). Adaptación al castellano del Cuestionario de Viveza de Imágenes Visuales - Versión revisada (VVIQRV). *Psicothema*, *18*(4), 711–716.

Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E., & McCarthy, G. (1996). Electrophysiological studies of face perception in humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *8*(6), 551–565. <https://doi.org/10.1162/jocn.1996.8.6.551>

Beran, M. J., James, B. T., French, K., Haseltine, E. L., & Kleider-Offutt, H. M. (2023). Assessing aphantasia prevalence and the relation of self-reported imagery abilities and memory task

- performance. *Consciousness and Cognition*, 113.  
<https://doi.org/10.1016/J.CONCOG.2023.103548>
- Betts, G. H. (1909). *The distribution and functions of mental imagery* (Issue 26). Teachers College, Columbia University. <https://archive.org/details/distributionfunc00bettuoft/page/n9>
- Blomkvist, A. (2023). Aphantasia: In search of a theory. *Mind and Language*, 38(3), 866–888.  
<https://doi.org/10.1111/mila.12432>
- Botez, M. I., Olivier, M., Vézina, J. L., Botez, T., & Kaufman, B. (1985). Defective revisualization: dissociation between cognitive and imagistic thought case report and short review of the literature. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 21(3), 375–389. [https://doi.org/10.1016/s0010-9452\(85\)80003-4](https://doi.org/10.1016/s0010-9452(85)80003-4)
- C Song, D. S. R. K. G. R. (2011). Reciprocal anatomical relationship between primary sensory and prefrontal cortices in the human brain. *J. Neurosci.*, 31, 9472–9480.
- Campos, A., & Pérez-Fabello, M. J. (2005). The Spanish version of Betts' Questionnaire upon mental imagery. *Psychological Reports*, 96(1), 51–56.
- Carbonell, F., Galán, L., Valdés, P., Worsley, K., Biscay, R. J., Díaz-Comas, L., Bobes, M. A., & Parra, M. (2004). Random Field-Union Intersection tests for EEG/MEG imaging. *NeuroImage*, 22(1), 268–276. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.01.020>
- Casey, P., & Kelly, B. (1967). *Fish's clinical psychopathology*.
- Cavedon-Taylor, D. (2022). Aphantasia and psychological disorder: Current connections, defining the imagery deficit and future directions. *Frontiers in Psychology*, 13.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.822989>
- Charcot, M., & Bernard, D. (1883). Un cas de suppression brusque et isolée de la vision mentale des signes et des objets (formes et couleurs). . *Progrès Médicale*, 11, 568–571.
- Cooke, S. F., Bear, M. F., Bain, A., Hebb, DO., Wiesel, TN., Hubel, DH., Stent, GS., Katz, LC., Shatz, CJ., Rauschecker, JP., Singer, W., Bear, MF., Cooper, LN., Bear, MF., Dudek, SM., Bear, MF., Dudek, SM., Bear, MF., Kirkwood, A., ... Westgaard, RH. (2014). How the mechanisms of long-term synaptic potentiation and depression serve experience-dependent plasticity in primary visual cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 369(1633), 20130284. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0284>

- Cotard, J. (1984). Perte de la vision mentale dans la mélancolie anxieuse. *Arch Neurol*, 21(21), 345–350.
- Dance, C. J., Ipser, A., & Simner, J. (2022). The prevalence of aphantasia (imagery weakness) in the general population. *Consciousness and Cognition*, 97. <https://doi.org/10.1016/J.CONCOG.2021.103243>
- Dance, C. J., Jaquierey, M., Eagleman, D. M., Porteous, D., Zeman, A., & Simner, J. (2021). What is the relationship between Aphantasia, Synaesthesia and Autism? *Consciousness and Cognition*, 89, 103087. <https://doi.org/10.1016/J.CONCOG.2021.103087>
- Dawes, A. J., Keogh, R., Andrillon, T., & Pearson, J. (2020). A cognitive profile of multi-sensory imagery, memory and dreaming in aphantasia. *Scientific Reports*, 10(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65705-7>
- Dawes, A. J., Keogh, R., & Pearson, J. (2023). Multisensory subtypes of aphantasia: Mental imagery as supramodal perception in reverse. *Neuroscience Research*. <https://doi.org/10.1016/j.neures.2023.11.009>
- De Borst, A. W., Sack, A. T., Jansma, B. M., Esposito, F., De Martino, F., Valente, G., Roebroek, A., Di Salle, F., Goebel, R., & Formisano, E. (2012). Integration of “what” and “where” in frontal cortex during visual imagery of scenes. *NeuroImage*, 60(1), 47–58. <https://doi.org/10.1016/J.NEUROIMAGE.2011.12.005>
- de Gelder, B., Tamietto, M., Pegna, A. J., & Van den Stock, J. (2015). Visual imagery influences brain responses to visual stimulation in bilateral cortical blindness. *Cortex*, 72, 15–26. <https://doi.org/10.1016/J.CORTEX.2014.11.009>
- de Vito, S., & Bartolomeo, P. (2016). Refusing to imagine? On the possibility of psychogenic aphantasia. A commentary on Zeman et al. (2015). *Cortex*, 74, 334–335. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.06.013>
- Dentico, D., Cheung, B. L., Chang, J. Y., Guokas, J., Boly, M., Tononi, G., & Van Veen, B. (2014). Reversal of cortical information flow during visual imagery as compared to visual perception. *NeuroImage*, 100, 237–243. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.05.081>
- Diez, E. (2006). *Adaptación al castellano del cuestionario de viveza de imágenes visuales : versión revisada ( VVIQRV ) Psicothema Universidad de Oviedo. May 2014.*
- Diez, E. (2012). *Cuestionario de Viveza de Imágenes Visuales — Versión revisada. November.*

- Dijkstra, N., Bosch, S. E., & van Gerven, M. A. J. (2017). Vividness of visual imagery depends on the neural overlap with perception in visual areas. *Journal of Neuroscience*, *37*(5), 1367–1373. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3022-16.2016>
- Dijkstra, N., Bosch, S. E., & van Gerven, M. A. J. (2019). Shared Neural Mechanisms of Visual Perception and Imagery. *Trends in Cognitive Sciences*, *23*(5), 423–434. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.02.004>
- Dijkstra, N., Mostert, P., Bosch, S., Dijkstra, N., van Gerven, M. A., & Lange, F. P. de. (2018). Differential temporal dynamics during visual imagery and perception. *ELife*, *7*, 1–16. <https://doi.org/10.7554/elife.33904>
- Dijkstra, N., Zeidman, P., Ondobaka, S., Van Gerven, M. A. J., & Friston, K. (2017). Distinct Top-down and Bottom-up Brain Connectivity during Visual Perception and Imagery. *Scientific Reports*, *7*(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-05888-8>
- Dorph-Petersen, K., Pierri, J., Wu, Q., Sampson, A., & Lewis, D. (2007). Primary visual cortex volume and total neuron number are reduced in schizophrenia. *J. Comp. Neurol.*, *501*, 290–301.
- Ernest, C. H., & Paivio, A. (1971). Imagery and sex differences in incidental recall. *British Journal of Psychology*, *62*(1), 67–72. <https://doi.org/10.1111/J.2044-8295.1971.TB02012.X>
- fantasía | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE*. (n.d.). Retrieved July 20, 2020, from <https://dle.rae.es/fantas%C3%ADa>
- Farah, M. J. (1984). The neurological basis of mental imagery: A componential analysis. *Cognition*, *18*(1–3), 245–272. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(84\)90026-X](https://doi.org/10.1016/0010-0277(84)90026-X)
- Farah, M. J. (1985). Psychophysical Evidence for a Shared Representational Medium for Mental Images and Percepts. *Journal of Experimental Psychology: General*, *114*(1), 91–103.
- Farah, M. J. (1987). Is visual imagery really visual? Overlooked evidence from neuropsychology. *Psychol. Rev.*
- Farah, M. J. (1989). The neural basis of mental imagery. *Trends in Neurosciences*, *12*(10), 395–399. [https://doi.org/10.1016/0166-2236\(89\)90079-9](https://doi.org/10.1016/0166-2236(89)90079-9)
- Farah, M. J., Levine, D. N., & Calvanio, D. N. (1988). A case study of mental imagery deficit. *Brain and Cognition*, *8*(2), 147–164. <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L19347100>

- Farah, M. J., Péronnet, F., Gonon, M. A., & Giard, M. H. (1988). Electrophysiological Evidence for a Shared Representational Medium for Visual Images and Visual Percepts. *Journal of Experimental Psychology: General*, *117*(3), 248–257. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.117.3.248>
- Farah, M. J., Webberg, L. L., Monheit, M., & Peronnet, F. (1989). Brain activity underlying mental imagery: Event-related potentials during mental image generation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *1*(4), 302–316.
- Faw, B. (1997). Outlining a brain model of mental imaging abilities. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *21*(3), 283–288. [https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(96\)00026-7](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(96)00026-7)
- Faw, B. (2009a). Conflicting Intuitions May Be Based On Differing Abilities - Evidence from Mental Imaging Research. *Journal of Consciousness Studies*, *4*, 45–68.
- Faw, B. (2009b). Conflicting Intuitions May Be Based On Differing Abilities - Evidence from Mental Imaging Research. *Journal of Consciousness Studies*, *4*, 45–68.
- Fechner, G. T. (1860). *Elements of psychophysics*.  
[https://ru.praxis.dk/Lru/microsites/hvadermatematik/hem2download/kap4\\_projekt\\_4\\_9\\_ekstra\\_Fechners\\_original\\_vark.pdf](https://ru.praxis.dk/Lru/microsites/hvadermatematik/hem2download/kap4_projekt_4_9_ekstra_Fechners_original_vark.pdf)
- Finke, R. A. (1989). *Principles of mental imagery*. The MIT press.
- Fleming, G. W. T. H. (1948). Agnosia, Apraxia, Aphasia. Their Value in Cerebral Localization. By J. M. Nielsen, M.D., Second edition. New York: Paul B. Hoeber, 1946. Pp. 304, with 59 illustrations. Price £ 1. *Journal of Mental Science*, *94*(395), 469–469.  
<https://doi.org/10.1192/bjp.94.395.469-a>
- Furman, M., Fleitas-Rumak, P., Lopez-Segura, M., Furman, M., Tafet, G., de Erausquin, G., & Ortiz, T. (2022). Cortical activity involved in perception and imagery of visual stimuli in a subject with aphantasia. An EEG case report. *Neurocase*, *28*(4), 344–355.  
<https://doi.org/10.1080/13554794.2022.2122848>
- Furman, M., Lopez-Segura, P., Fleitas-Rumak, P., Coccaro, C., & Ortiz, T. (2024a). Exploring Mental Imagery: A Comparative Study of Established and Novel Tests for Aphantasia Screening. *En Vías de Publicación*.
- Furman, M., Lopez-Segura, P., Fleitas-Rumak, P., Coccaro, C., & Ortiz, T. (2024b). Insights into Aphantasia's Neural Processes through a Case-Control EEG Study. *En Vías de Publicación*.

- Galton, F. (1880). Statistics of Mental Imagery. *MIND. A QUARTERLY REVIEW PSYCHOLOGY AND PHILOSOPHY.*, 19, 301–318. <https://academic.oup.com/mind>
- Galton F. (1883). *Inquiries into human faculty and its development.* . Macmillan.
- Ganczarek, J., Żurawska-Żyła, R., & Rolek, A. (2020). “I remember things, but I can’t picture them.” What can a case of aphantasia tell us about imagery and memory? *Psychiatria i Psychologia Kliniczna*, 20(2), 134–141. <https://doi.org/10.15557/PiPK.2020.0018>
- Ganis, G., & Schendan, H. E. (2008). Visual mental imagery and perception produce opposite adaptation effects on early brain potentials. *NeuroImage*, 42(4), 1714–1727. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.07.004>
- Ganis, G., & Schendan, H. E. (2011). Visual imagery. In *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science* (Vol. 2, Issue 3, pp. 239–252). <https://doi.org/10.1002/wcs.103>
- Ganis, G., Thompson, W., & Kosslyn, S. (2004). Brain areas underlying visual mental imagery and visual perception: an fMRI study. *Cogn. Brain Res.*, 20, 226–241.
- Glover, G. H. (2011). Overview of Functional Magnetic Resonance Imaging. *Neurosurg Clin N Am.*, 22(2), 133–139. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2010.11.001>
- Gordon, R. (1949). An investigation into some of the factors that favour the formation of stereotyped images. In *British Journal of Psychology* (Vol. 39, pp. 156–167). British Psychological Society.
- Gray, C. R., & Gummerman, K. (1975). The enigmatic eidetic image: a critical examination of methods, data, and theories. *Psychological Bulletin*, 82(3), 383–407.
- Grinnel, D. (2020). A Case of Aphantasia. *Ars Medica*, 15(1), 79–96.
- Grüter, T., Grüter, M., Bell, V., & Carbon, C. C. (2009). Visual mental imagery in congenital prosopagnosia. *Neuroscience Letters*, 453(3), 135–140. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2009.02.021>
- Grüter, T., Grüter, M., & Carbon, C. C. (2008). Neural and genetic foundations of face recognition and prosopagnosia. *Journal of Neuropsychology*, 2, 79–97. <https://doi.org/10.1348/174866407X231001>
- Gur, R. C., & Hilgard, E. R. (1975). VISUAL IMAGERY AND THE DISCRIMINATION OF DIFFERENCES BETWEEN ALTERED PICTURES SIMULTANEOUSLY AND SUCCESSIVELY PRESENTED. *British Journal of Psychology*, 66(3), 341–345. <https://doi.org/10.1111/J.2044-8295.1975.TB01470.X>

- Halpern, A. R. (2015). Differences in auditory imagery self-report predict neural and behavioral outcomes. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*, 25(1), 37–47.  
<https://doi.org/10.1037/pmu0000081>
- Harlow, J. M. (John M. (1869). Recovery from the passage of an iron bar through the head. *Clapp*.  
<http://resource.nlm.nih.gov/66210360R>
- Hebb, D. O. (1968). Concerning imagery. *Psychological Review*, 75(6), 466–477.  
<https://doi.org/10.1037/H0026771>
- Hinwar, R. P., & Lambert, A. J. (2021). Anauralia: The Silent Mind and Its Association With Aphantasia. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.744213>
- Holt, R. R. (1964). Imagery: The return of the ostracized. *American Psychologist*, 19(4), 254–264.  
<https://doi.org/10.1037/H0046316>
- J Pearson, S. K. (2015). The heterogeneity of mental representation: ending the imagery debate. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 112, 10089–10092.
- Jacobs, C., Schwarzkopf, D. S., & Silvanto, J. (2017). Visual working memory performance in aphantasia. *CORTEX*, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.10.014>
- James, W. (1980). *The Principles of Psychology*. Dover.
- Ji, J. L., Kavanagh, D. J., Holmes, E. A., Macleod, C., & Di Simplicio, M. (2019). Mental imagery in psychiatry: Conceptual & clinical implications. *CNS Spectrums*, 24(1), 114–126.  
<https://doi.org/10.1017/S1092852918001487>
- Jianghao, L., & Bartolomeo, P. (2023). Probing the unimaginable: The impact of aphantasia on distinct domains of visual mental imagery and visual perception. *Cortex*, 166, 338–347.  
<https://doi.org/10.31234/osf.io/wzy5b>
- Keogh, R., Bergmann, J., & Pearson, J. (2020). Cortical excitability controls the strength of mental imagery. *ELife*. <https://doi.org/10.7554/eLife.50232>
- Keogh, R., & Pearson, J. (2018). The blind mind: No sensory visual imagery in aphantasia. *Cortex*, 105, 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.10.012>
- Keogh, R., Pearson, J., & Zeman, A. (2021). Aphantasia: The science of visual imagery extremes. In *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 178, pp. 277–296). Elsevier B.V.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821377-3.00012-X>

- Keogh, R., Wicken, M., & Pearson, J. (2021a). *The critical role of mental imagery in human emotion: insights from fear-based imagery and aphantasia*. <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.0267>
- Keogh, R., Wicken, M., & Pearson, J. (2021b). Visual working memory in aphantasia: Retained accuracy and capacity with a different strategy. *Cortex*, *143*, 237–253. <https://doi.org/10.1016/J.CORTEX.2021.07.012>
- Kosslyn, S. M. (1980). *Image and Mind*. Harvard University Press.
- Kosslyn, S. M. (1994). *Image and Brain: The Resolution of the Imagery Debate*. MIT Press.
- Kosslyn, S. M. (1996). Image and Brain - The Resolution of the Imagery Debate. In *Bradford Books*. <http://psycnet.apa.org/record/1994-98211-000>
- Kosslyn, S. M. (2005). Mental images and the brain. *Cognitive Neuropsychology*, *22*(3–4), 333–347. <https://doi.org/10.1080/02643290442000130>
- Kosslyn, S. M., Ganis, G., Thompson, W. L., & Hall, W. J. (2001). Neural Foundations of Imagery. *Nature Reviews*, *2*(September), 635–642.
- Kosslyn, S. M., & Ochsner, K. N. (1994). In search of occipital activation during visual mental imagery. *Trends in Neurosciences*, *17*(7), 290–292. [https://doi.org/10.1016/0166-2236\(94\)90059-0](https://doi.org/10.1016/0166-2236(94)90059-0)
- Kosslyn, S. M., Pascual-Leone, A., Felician, O., Camposano, S., Keenan, J. P., L, W., Thompson, Ganis, G., Sukel, K. E., & Alpert, N. M. (1999). The Role of Area 17 in Visual Imagery: Convergent Evidence from PET and rTMS. *Science*, *284*(5411), 167–170. <https://doi.org/10.1126/science.284.5411.167>
- Lane, J. B. (1977). Problems in assessment of vividness and control of imagery. In *@ Perceptual and Motor Skills* (Vol. 45).
- Levine, D. N., Warach, J., & Farah, M. (1985). Two visual systems in mental imagery: Dissociation of “what” and “where” in imagery disorders due to bilateral posterior cerebral lesions. *Neurology*, *35*(7), 1010–1018. <https://doi.org/10.1212/wnl.35.7.1010>
- Li, J., Tang, Y. Y., Zhou, L., Yu, Q. B., Li, S., & Sui, D. N. (2010). EEG dynamics reflects the partial and holistic effects in mental imagery generation. *Journal of Zhejiang University: Science B*, *11*(12), 944–951. <https://doi.org/10.1631/jzus.B1000005>
- Liu, J., Spagna, A., & Bartolomeo, P. (2022). Hemispheric asymmetries in visual mental imagery. *Brain Structure & Function*, *227*(2), 697–708. <https://doi.org/10.1007/S00429-021-02277-W>

- LL Chao, M. L. T. N. (2012). Effects of post-traumatic stress disorder on occipital lobe function and structure. *Neuroreport*, *23*, 412–419.
- Lorenz, C., & Neisser, U. (1985). Factors of imagery and event recall. In *Memory & Cognition* (Vol. 13, Issue 6).
- M Meng, D. R. F. T. (2005). Filling-in of visual phantoms in the human brain. *Nat. Neurosci.*, *8*, 1248–1254.
- Marks, D. F. (1972). Individual differences in the vividness of visual imagery and their effect on function. *The Function and Nature of Imagery*, 83–108.
- Marks, D. F. (1973a). Visual imagery differences and eye movements in the recall of pictures. *Perception & Psychophysics*, *14*(3), 407–412. <https://doi.org/10.3758/BF03211175/METRICS>
- Marks, D. F. (1973b). Vividness of visual imagery Questionnaire. *Journal of Mental Imagery*.
- Marks, D. F. (1995). New directions for mental imagery research. *Journal of Mental Imagery*, *19*(3–4), 153–167.
- Marks, D. F. (1999). Consciousness, mental imagery and action. *British Journal of Psychology*, *90*(4), 567–585. <https://doi.org/10.1348/000712699161639>
- Marks, D. F., & Isaac, A. R. (1995). *Topographical distribution of EEG activity accompanying visual and motor imagery in vivid and non-vivid imagers*. 271–282.
- Mckelvie, S. J. (1995). The VVIQ as a psychometric test of individual differences in visual imagery vividness: A critical quantitative review and plea for direction. *Journal of Mental Imagery*, *19*(3–4), 1–106. <https://www.researchgate.net/publication/232463136>
- Mckelvie, S. J., & Demers, E. G. (1979). Individual differences in reported visual imagery and memory performance. *British Journal of Psychology*, *70*(1), 51–57. <https://doi.org/10.1111/J.2044-8295.1979.TB02142.X>
- Mechelli, A., Price, C. J., Friston, K. J., & Ishai, A. (2004a). Where bottom-up meets top-down: Neuronal interactions during perception and imagery. *Cerebral Cortex*, *14*(11), 1256–1265. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhh087>
- Mechelli, A., Price, C. J., Friston, K. J., & Ishai, A. (2004b). Where bottom-up meets top-down: Neuronal interactions during perception and imagery. *Cerebral Cortex*, *14*(11), 1256–1265. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhh087>

- Mellet, E., Tzourio, N., Crivello, F., Joliot, M., Denis, M., & Mazoyer, B. (1996). Functional anatomy of spatial mental imagery generated from verbal instructions. *Journal of Neuroscience*, *16*(20), 6504–6512.
- Mental Imagery (Stanford Encyclopedia of Philosophy/Spring 2005 Edition)*. (n.d.). Retrieved November 30, 2023, from <https://plato.stanford.edu/Archives/spr2005/entries/mental-imagery/>
- Milton, F., Fulford, J., Dance, C., Gaddum, J., Heurman-Williamson, B., Jones, K., Knight, K. F., MacKisack, M., Winlove, C., & Zeman, A. (2021). Behavioral and Neural Signatures of Visual Imagery Vividness Extremes: Aphantasia versus Hyperphantasia. *Cerebral Cortex Communications*, *2*(2), 1–15. <https://doi.org/10.1093/TEXCOM/TGAB035>
- Monzel, M., Vetterlein, A., Hogeterp, S. A., & Reuter, M. (2023). No increased prevalence of prosopagnosia in aphantasia: Visual recognition deficits are small and not restricted to faces. *Perception*, *52*(9), 629–644. <https://doi.org/10.1177/03010066231180712>
- Monzel, M., Vetterlein, A., & Reuter, M. (2023). No general pathological significance of aphantasia: An evaluation based on criteria for mental disorders. *Scandinavian Journal of Psychology*, *64*(3), 314–324. <https://doi.org/10.1111/sjop.12887>
- Moro, V., Berlucchi, G., Lerch, J., Tomaiuolo, F., & Aglioti, S. M. (2008). Selective deficit of mental visual imagery with intact primary visual cortex and visual perception. *Cortex*, *44*(2), 109–118. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2006.06.004>
- N Morina, E. L. T. E. (2013). Vividness of general mental imagery is associated with the occurrence of intrusive memories. *J. Behav. Ther. Exp. Psychiatry*, *44*, 221–226.
- Naselaris, T., Olman, C. A., Stansbury, D. E., Ugurbil, K., & Gallant, Jack. (2015). A voxel-wise encoding model for early visual areas decodes mental images of remembered scenes Thomas. *Neuroimage*, *105*, 215–228. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.10.018>
- Newell, A., Shaw, J. C., & Simon, H. A. (1958). Elements of a theory of human problem solving. *Psychological Review*, *65*(3), 151–166. <https://doi.org/10.1037/H0048495>
- Olivetti Belardinelli, M., Palmiero, M., Sestieri, C., Nardo, D., Di Matteo, R., Londei, A., D'Ausilio, A., Ferretti, A., Del Gratta, C., & Romani, G. L. (2009). An fMRI investigation on image generation in different sensory modalities: The influence of vividness. *Acta Psychologica*, *132*(2), 190–200. <https://doi.org/10.1016/J.ACTPSY.2009.06.009>

- Ortiz, T., Poch, J., Santos, J. M., Requena, C., Martínez, A. M., Ortiz-Terán, L., Turrero, A., Barcia, J., Nogales, R., Calvo, A., Martínez, J. M., Córdoba, J. L., & Pascual-Leone, A. (2011). Recruitment of occipital cortex during sensory substitution training linked to subjective experience of seeing in people with blindness. *PLoS ONE*, *6*(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023264>
- Oxford Handbook of Synesthesia. (2013). *Oxford Handbook of Synesthesia*. <https://doi.org/10.1093/OXFORDHB/9780199603329.001.0001>
- P Kok, M. F. F. L. (2014). Prior expectations evoke stimulus templates in the primary visual cortex. *J. Cogn. Neurosci.*, *26*, 1546–1554.
- Paivio, A. (1969). Mental imagery in associative learning and memory. *Psychological Review*, *76*(3), 241–263. <https://doi.org/10.1037/H0027272>
- Palombo, D. J., Alain, C., Söderlund, H., Khuu, W., & Levine, B. (2015). Severely deficient autobiographical memory (SDAM) in healthy adults: A new mnemonic syndrome. *Neuropsychologia*, *72*, 105–118. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.04.012>
- Pascual-Marqui, R. D., Michel, C. M., & Lehmann, D. (1994). Low resolution electromagnetic tomography: a new method for localizing electrical activity in the brain. *International Journal of Psychophysiology*, *18*(1), 49–65.
- Pearson, J. (2019). The human imagination: the cognitive neuroscience of visual mental imagery. In *Nature Reviews Neuroscience* (Vol. 20, Issue 10, pp. 624–634). Springer US. <https://doi.org/10.1038/s41583-019-0202-9>
- Pearson, J., & Keogh, R. (2019). Redefining Visual Working Memory: A Cognitive-Strategy, Brain-Region Approach. *Current Directions in Psychological Science*, *28*(3), 266–273. <https://doi.org/10.1177/0963721419835210>
- Pearson, J., & Kosslyn, S. M. (2015). The heterogeneity of mental representation: Ending the imagery debate. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *112*(33), 10089–10092. <https://doi.org/10.1073/pnas.1504933112>
- Pearson, J., Naselaris, T., Holmes, E. A., & Kosslyn, S. M. (2015). Mental Imagery: Functional Mechanisms and Clinical Applications. *Trends in Cognitive Sciences*, *19*(10), 590–602. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.08.003>
- Pearson, J., & Westbrook, F. (2015). Phantom perception: Voluntary and involuntary nonretinal vision. *Trends in Cognitive Sciences*, *19*(5), 278–284. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.03.004>

- Pérez-Fabello, M. J., & Campos, A. (2004). Factor structure and internal consistency of the Spanish version of the Gordon Test of Visual Imagery Control. *Psychological Reports, 94*(3), 761–766.
- Platon. (369 B.C.E.). *Theaetetus*.  
[https://books.google.com.ec/books?id=2XbGyQEACAAJ&source=gbs\\_book\\_other\\_versions\\_r&cad=2](https://books.google.com.ec/books?id=2XbGyQEACAAJ&source=gbs_book_other_versions_r&cad=2)
- Pounder, Z., Jacob, J., Evans, S., Loveday, C., Eardley, A. F., & Silvanto, J. (2022). Only minimal differences between individuals with congenital aphantasia and those with typical imagery on neuropsychological tasks that involve imagery. *Cortex, 148*, 180–192.  
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2021.12.010>
- R Keogh, J. P. (2017). The blind mind: no sensory visual imagery in aphantasia. *Cortex, 105*, 53–60.
- R Koenig-Robert, J. P. (2019). Decoding the contents and strength of imagery before volitional engagement. *Sci. Rep., 9*.
- R Maróthi, S. K. (2018). Enhanced mental imagery and intact perceptual organization in schizotypal personality disorder. *Psychiatry Res., 259*, 433–438.
- Ranganath, C., & D’Esposito, M. (2005). Directing the mind’s eye: Prefrontal, inferior and medial temporal mechanisms for visual working memory. *Current Opinion in Neurobiology, 15*(2), 175–182. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2005.03.017>
- Reinvang, I., Magnussen, S., Greenlee, M. W., & Larsson, P. G. (1998). Electrophysiological localization of brain regions involved in perceptual memory. *Exp Brain Res, 123*, 481–484.
- Richardson, A. (1969). *Mental Imagery*. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-37817-5>
- Richardson, A. (1994). *Individual Differences in Imaging Their Measurement, Origins, and Consequences*. Routledge. <https://www.routledge.com/Individual-Differences-in-Imaging-Their-Measurement-Origins-and-Consequences/Richardson/p/book/9780895031167>
- Rubin, D. C., Schrauf, R. W., & Greenberg, D. L. (2003). Belief and recollection of autobiographical memories. *Memory and Cognition, 31*(6), 887–901. <https://doi.org/10.3758/BF03196443>
- Rubin, D., & Greenberg, D. (1998). Visual memory-deficit amnesia : A distinct amnesic presentation. *Proc. Natl. Acad. Sci., 95*(April), 5413–5416.
- Sadock, B., & Sadock, V. (2009). *Sinopsis de Psiquiatría. Kaplan & Sadock. 10ª ed.*

- Schweinberger, S. R., Pickering, E. C., Jentsch, I., Burton, A. M., & Kaufmann, M. (2002). *Event-related brain potential evidence for a response of inferior temporal cortex to familiar face repetitions*. *14*, 398–409.
- Scoville, W. B., & Milner, B. (1957). Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, *20*(1), 11–21.  
<https://doi.org/10.1136/jnnp.20.1.11>
- Sheehan, P. W. (1967). A SHORTENED FORM OF BETTS) QUESTIONNAIRE UPON MENTAL IMAGERY. *J Clin Psychol.*, *23*(3), 386–389. [https://doi.org/https://doi.org/10.1002/1097-4679\(196707\)23:3%3C386::AID-JCLP2270230328%3E3.0.CO;2-S](https://doi.org/https://doi.org/10.1002/1097-4679(196707)23:3%3C386::AID-JCLP2270230328%3E3.0.CO;2-S)
- Sheehan, P. W. (1972). Role of imagery in incidental learning: Replication and extension of an effect. *Journal of Experimental Psychology*, *95*(1), 226–228. <https://doi.org/10.1037/H0033306>
- Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental Rotation of Three-Dimensional Objects. *Science*, *171*(3972), 701–703. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.171.3972.701>
- Singer, J., & Antrobus, S. (1963). A FACTOR-ANALYTIC STUDY OF DAYDREAMING A N D CONCEPTUALLY-RELATED COGNITIVE A N D PERSONALITY VARIABLES. In *Perceptual and Motor Skills* (Vol. 17). @ Southern Universities Press.
- Singer, J. L., & Schonbar, R. A. (1961). CORRELATES OF DAYDREAMING: A DIMENSION OF SELF-AWARENESS 1. In *Journal of Consulting Psychology* (Vol. 25, Issue 1).
- Slotnick, S. D., Thompson, W. L., & Kosslyn, S. M. (2005). Visual mental imagery induces retinotopically organized activation of early visual areas. *Cerebral Cortex*, *15*(10), 1570–1583.  
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhi035>
- SM Kosslyn, W. T. (2003). When is early visual cortex activated during visual mental imagery? *Psychol. Bull.*, *129*, 723–746.
- Suess, F., & Abdel Rahman, R. (2015). Mental imagery of emotions: Electrophysiological evidence. *NeuroImage*, *114*, 147–157. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.03.063>
- Takahashi, J., Saito, G., Omura, K., Yasunaga, D., Sugimura, S., Sakamoto, S., Horikawa, T., & Gyoba, J. (2023). Diversity of aphantasia revealed by multiple assessments of visual imagery, multisensory imagery, and cognitive style. *Frontiers in Psychology*, *14*.  
<https://doi.org/10.3389/FPSYG.2023.1174873/FULL>

- Tween, O. F. (2019). Investigation into Aphantasia: Neurological, Functional, and Behavioral Correlates. *Thesis*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Tzourio-Mazoyer, N., Landeau, B., Papathanassiou, D., Crivello, F., Etard, O., Delcroix, N., Mazoyer, B., & Joliot, M. (2002). Automated anatomical labeling of activations in SPM using a macroscopic anatomical parcellation of the MNI MRI single-subject brain. *NeuroImage*, 15(1), 273–289. <https://doi.org/10.1006/nimg.2001.0978>
- Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47(2), 599–604.
- Vyshedskiy, A., Ph, D., & Llc, I. (2019). *Neuroscience of imagination and implications for human evolution*. 1(617), 1–38.
- Watkins, N. W. (2018). (A)phantasia and severely deficient autobiographical memory: Scientific and personal perspectives. *Cortex*, 105, 41–52. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.10.010>
- Watson, J. B. (1913). Image and Affection in Behavior. *The Journal of Philosophy*, 10(16), 421–428. <https://about.jstor.org/terms>
- Winlove, C. I. P., Milton, F., Ranson, J., Fulford, J., MacKisack, M., Macpherson, F., & Zeman, A. (2018). The neural correlates of visual imagery: A co-ordinate-based meta-analysis. *Cortex*, 105, 4–25. <https://doi.org/10.1016/J.CORTEX.2017.12.014>
- Yomogida, Y., Sugiura, M., & Watanabe, J. (2004). *Mental Visual Synthesis is Originated in the Fronto-temporal Network of the Left Hemisphere*. December, 1376–1383. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhh098>
- Zago, S., Allegri, N., Cristoffanini, M., Ferrucci, R., Porta, M., & Priori, A. (2011). Is the Charcot and Bernard case (1883) of loss of visual imagery really based on neurological impairment? *Cognitive Neuropsychiatry*, 16(6), 481–504. <https://doi.org/10.1080/13546805.2011.556024>
- Zeman, A., Dewar, M., & Della Sala, S. (2015a). Lives without imagery - Congenital aphantasia. *Cortex*, 73, 378–380. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.05.019>
- Zeman, A., Dewar, M., & Della Sala, S. (2015b). Lives without imagery — congenital aphantasia. *Cortex*, 73, 378–380.
- Zeman, A., Dewar, M., & Della Sala, S. (2016). Reflections on aphantasia. *Cortex*, 74, 336–337. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.08.015>

Zeman, A., Milton, F., Della Sala, S., Dewar, M., Frayling, T., Gaddum, J., Hattersley, A., Heuerman-Williamson, B., Jones, K., MacKisack, M., & Winlove, C. (2020). Phantasia—The psychological significance of lifelong visual imagery vividness extremes. *Cortex, May*, 1–15.

<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2020.04.003>

Zeman, A. Z. J., Della Sala, S., Torrens, L. A., Gountouna, V. E., McGonigle, D. J., & Logie, R. H. (2010). Loss of imagery phenomenology with intact visuo-spatial task performance: A case of “blind imagination.” *Neuropsychologia, 48*(1), 145–155.

<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.08.024>

Zhao, B., & Sala, S. Della. (2018). Different representations and strategies in mental rotation. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 71*(7), 17470218.2017.1.

<https://doi.org/10.1080/17470218.2017.1342670>

Zimmer, C. (2010). The Brain: Look Deep Into the Mind’s Eye. *The Brain*, 28–29.

<https://www.discovermagazine.com/mind/the-brain-look-deep-into-the-minds-eye>

Zimmer, C. (2015, June 23). Picture this? Some just can’t. . *New York Times*, 3.