



Universitat de Lleida

Funciones ejecutivas, emoción y personalidad: Actividad de la corteza prefrontal a través de espectroscopia funcional de infrarrojo cercano (fNIRS)

*Executive functions, emotion and personality: Activity of the
prefrontal cortex through functional near-infrared spectroscopy
(fNIRS)*

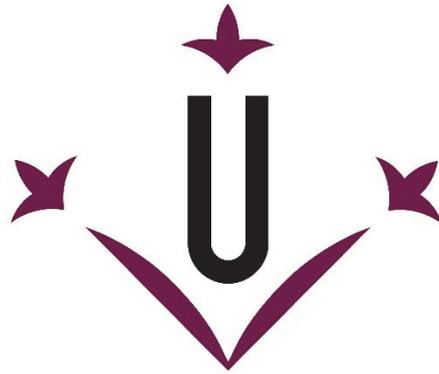
Ignacio Lucas Adell

<http://hdl.handle.net/10803/669196>

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

WARNING. Access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.



Universitat de Lleida

TESIS DOCTORAL

**Funciones ejecutivas, emoción y personalidad:
Actividad de la corteza prefrontal a través de
espectroscopia funcional de infrarrojo cercano
(fNIRS)**

*Executive functions, emotion and personality: Activity of the
prefrontal cortex through functional near-infrared spectroscopy
(fNIRS)*

Ignacio Lucas Adell

Memoria presentada para optar al grado de Doctor por la Universitat de Lleida
Programa de Doctorado en Salud

Director

Dr. Anton Aluja Fabregat

Tutor

Dr. Joaquim Egea Navarro

2020

RESUMEN

La corteza prefrontal es una estructura cerebral asociada al control ejecutivo de procesos cognitivos y emocionales. En este trabajo se pretende analizar la actividad prefrontal ante diferentes niveles de demanda ejecutiva, distintos contextos emocionales y, por último, estudiar cómo las variables de personalidad se relacionan con el procesamiento de estímulos afectivos. La espectroscopia funcional de infrarrojo cercano (fNIRS) permite analizar la respuesta de la corteza prefrontal en diferentes situaciones experimentales. Esta tesis presenta tres estudios de fNIRS que evalúan la actividad prefrontal ante paradigmas ejecutivos y emocionales. Los resultados muestran cómo la corteza prefrontal se activa de forma diferencial en función de la carga cognitiva en una tarea de memoria de trabajo. Los distintos contextos emocionales también parecen evocar una respuesta prefrontal diferenciada en función de la valencia. Además, el Neuroticismo se muestra como un rasgo de personalidad modulador de la respuesta prefrontal ante diferentes estímulos emocionales. El aumento de actividad de la corteza prefrontal estaría indicando un mayor control por parte de las estructuras superiores, modulando la actividad de estructuras subcorticales. Las diferencias mostradas por las personas con altas puntuaciones en Neuroticismo podrían relacionarse con un procesamiento desadaptativo de los estímulos emocionales y, por lo tanto, relacionarse con su vulnerabilidad a los trastornos afectivos y de ansiedad.

ABSTRACT

The prefrontal cortex is a brain structure associated with the executive control of cognitive and emotional processes. This work aims to analyze prefrontal activity under the exposure to different levels of executive demand, different emotional contexts and, lastly, to study how personality variables relate with affective stimuli processing. Functional near infrared spectroscopy (fNIRS) allows analyzing the activations of the prefrontal cortex in different experimental conditions. This thesis presents three fNIRS studies that assess prefrontal activity during executive and emotional paradigms. The results show how the prefrontal cortex activates differentially depending on the cognitive load in a working memory task. Different emotional contexts also seem to evoke a differentiated prefrontal response based on valence. In addition, Neuroticism seems to modulate the prefrontal response to the emotional stimuli. The increase of the prefrontal cortex activity could indicate greater control by the higher structures, modulating the activity of subcortical structures. The differences that appeared in people with high scores in Neuroticism could be related to a maladaptive processing of emotional stimuli and, therefore, to their increased vulnerability to affective and anxious disorders.

RESUM

L'escorça prefrontal és una estructura cerebral associada al control executiu de processos cognitius i emocionals. En aquest treball es pretén analitzar l'activitat prefrontal davant diferents nivells de demanda executiva, diferents contextos emocionals i, per últim, estudiar com les variables de personalitat es relacionen amb el processament d'estímuls afectius. L'espectroscopia funcional d'infrarroig proper (fNIRS) permet analitzar la resposta de l'escorça prefrontal en diferents situacions experimentals. Aquesta tesi presenta tres estudis de fNIRS que avaluen l'activitat prefrontal davant paradigmes executius i emocionals. Els resultats mostren com l'escorça prefrontal s'activa de forma diferencial en funció de la càrrega cognitiva en una tasca de memòria de treball. Els diferents contextos emocionals també semblen evocar una resposta prefrontal diferenciada en funció de la valència. A més, el Neuroticisme es mostra com un tret de personalitat modulador de la resposta prefrontal davant diferents estímuls emocionals. L'augment de l'activitat de l'escorça prefrontal estaria indicant un major control per part de les estructures superiors, modulant l'activitat d'estructures subcorticals. Les diferències mostrades per les persones amb altes puntuacions en Neuroticisme podrien relacionar-se amb un processament desadaptatiu dels estímuls emocionals i, per tant, relacionar-se amb la seva vulnerabilitat als trastorns afectius i d'ansietat.

PRÓLOGO

Desde el comienzo de mi carrera académica e investigadora me he interesado en el estudio de los procesos afectivos y cognitivos. Siempre me ha resultado fascinante cómo ampliar el conocimiento de estos procesos puede aplicarse a mejorar la calidad de vida de las personas.

El desarrollo de nuevos instrumentos de investigación sigue abriendo nuevos caminos en la investigación neurocientífica. Resulta esencial aprovechar estas nuevas oportunidades para contrastar los descubrimientos anteriores y ampliar el conocimiento de la mente humana. La espectroscopia funcional de infrarrojo cercano es una técnica de uso relativamente reciente en el campo de la neurociencia. La aplicación de esta técnica puede ayudar a mejorar el conocimiento del cerebro, especialmente de la corteza prefrontal. El desarrollo filogénico de la corteza prefrontal en el ser humano ha supuesto un salto cualitativo en nuestra capacidad de adaptación al entorno. Un correcto funcionamiento de la corteza prefrontal resulta esencial para el desarrollo y la adaptación de un individuo a un ambiente cambiante.

Las funciones ejecutivas y los procesos emocionales que se asocian a la actividad de la corteza prefrontal son, por lo tanto, elementos clave en el funcionamiento diario de los individuos. Comprender en profundidad estos procesos ayudaría a mejorar métodos como los instrumentos de evaluación psicológica o las intervenciones. Históricamente, los instrumentos de evaluación y las técnicas de tratamiento se han diseñado de forma genérica, sin tener en cuenta las características individuales de cada persona. Mejorar el conocimiento de las diferencias individuales y adaptarlos a los conocimientos sobre la mente humana puede ayudar a adaptar las metodologías a las necesidades propias de cada individuo.

Esta tesis cumple con los requisitos expuestos en la Normativa académica de doctorado de la Universitat de Lleida (Consejo de Gobierno 10/04/2014, acuerdo 67/2014) para la Mención Internacional del título de Doctorado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no habría sido posible sin el apoyo de todas aquellas personas e instituciones que, de una forma u otra, han contribuido a que esta tesis llegue a realizarse.

En primer lugar, quiero expresar mi gratitud al profesor Anton Aluja, quien apostó por mí para la realización de este proyecto. Quiero agradecerle su dedicación continua a las investigaciones, su apoyo y su capacidad para montar y liderar un grupo de investigación puntero en la Universitat de Lleida y el Institut de Recerca Biomèdica de Lleida (IRB-Lleida). Mostrar mi agradecimiento a todos los miembros del proyecto de investigación: Ferran Balada, Àngel Blanch, Eduardo Blanco, Patricia Urieta, Óscar García y Luis García; sin quienes este trabajo no habría sido posible. Agreecer a mi tutor Joaquim Egea por su ayuda y profesionalidad. También mostrar agradecimiento a todas las personas que han participado voluntariamente en estas investigaciones. Por supuesto agradecer al IRB-Lleida, en cuyas instalaciones se han llevado a cabo los trabajos. Agradecer también a la Universitat de Lleida por la oportunidad para realizar mi formación predoctoral en esta institución.

Esta investigación ha sido posible gracias a la financiación del proyecto "Personalidad inhibida-desinhibida y modulacion emocional de la actividad del cortex prefrontal ante tareas de memoria de trabajo" (PSI2015-63551-P) por parte del Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España. Además, durante la realización de esta tesis he recibido el apoyo institucional de la Universidad de Lleida a través de la beca competitiva de formación predoctoral FPI-UdL asociada a este proyecto. He sido agraciado también con una ayuda competitiva del IRB-Lleida para la finalización de los estudios de doctorado a través de la "7a edició de Ajuts de Promoció a la Recerca en Salut". He de agradecer también a Campus Iberus por la ayuda recibida para la realización de una estancia predoctoral de investigación en la Università di Bologna (Italia).

Agradecer enormemente a la profesora Mamen Pastor por todo su apoyo incondicional, tanto personal como profesional desde incluso antes que comenzara a dedicarme a la investigación. También a todos los miembros de su grupo de investigación de la Universitat Jaume I.

Agradecer de la misma forma al profesor Jaime Vila por ser todo un referente personal y profesional. Agradecer el permitirme aprender en su grupo de Psicofisiología Humana y Salud de la Universidad de Granada. Mostrar mi agradecimiento también a todos los miembros de su grupo de investigación.

Agradecer igualmente al profesor Maurizio Codispoti y a todo el grupo del Emotional Perception Laboratory de la Università di Bologna por la oportunidad de trabajar y aprender durante mi estancia en su laboratorio.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a toda mi familia, a mi pareja Paula y a mis amigos, por la paciencia que han tenido, por su apoyo incondicional en todo momento y por seguir siendo un pilar fundamental en todos los aspectos de mi vida. Agradecer a todas aquellas personas que he ido encontrándome en mi camino, a las que están, a las que se fueron y a las que vendrán. Muchas gracias, a aquellas personas que me enseñaron que *"Solo con el corazón se puede ver bien; lo esencial es invisible a los ojos"* (de Saint-Exupéry, 1943).

ÍNDICES

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	16
ÍNDICE DE FIGURAS	17
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	20
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	23
1.1. Espectroscopia funcional de infrarrojo cercano (fNIRS)	25
1.1.1. <i>Origen y evolución histórica</i>	26
1.1.2. <i>Descripción de la técnica</i>	28
1.1.3. <i>Tipos de dispositivos</i>	32
1.1.4. <i>Dispositivos actuales</i>	34
1.1.5. <i>Áreas de la corteza prefrontal</i>	36
1.1.6. <i>Procesamiento de la señal</i>	40
1.1.7. <i>Beer-Lambert Law Modificada</i>	41
1.1.8. <i>Comparación de fNIRS con otras medidas</i>	41
1.1.9. <i>Uso simultáneo con otras técnicas</i>	43
1.1.10. <i>Ventajas e inconvenientes de fNIRS</i>	44
1.1.11. <i>Aplicaciones de la fNIRS</i>	45
1.2. Personalidad y conducta	48
1.2.1. <i>Concepto, origen y etimología</i>	48
1.2.2. <i>Modelos de personalidad</i>	50
1.2.2.1. <i>Los modelos de aproximación léxica o taxonómicos</i>	52
1.2.2.1.1. <i>Modelo de 16 factores de Cattell</i>	53
1.2.2.1.2. <i>Modelo de los Cinco Grandes factores</i>	55
1.2.2.1.2.1. <i>Cerebro y los Cinco Grandes</i>	58
1.2.2.2. <i>Los modelos biológico-factoriales</i>	60
1.2.2.2.1. <i>Modelo de personalidad de Eysenck</i>	62
1.2.2.2.1.1. <i>Cerebro y modelo de la personalidad de Eysenck</i>	65
1.2.2.2.2. <i>El modelo de personalidad de Gray</i>	67
1.2.2.2.2.1. <i>Cerebro y modelo de la personalidad de Gray</i>	71
1.2.2.2.3. <i>Modelo de personalidad de Zuckerman</i>	74
1.2.2.2.3.1. <i>El rasgo de personalidad Búsqueda de Sensaciones</i>	74
1.2.2.2.3.1.1. <i>Psicofisiología</i>	75
1.2.2.2.3.1.1.1. <i>Tasa cardíaca</i>	75
1.2.2.2.3.1.1.2. <i>Conductancia eléctrica de la piel</i>	76
1.2.2.2.3.1.1.3. <i>Medidas centrales</i>	77

1.2.2.2.3.1.1.4. <i>Hormonas</i>	77
1.2.2.2.3.1.1.5. <i>Genética</i>	78
1.2.2.2.3.1.1.6. <i>Neurotransmisores</i>	79
1.2.2.2.3.2. <i>El modelo de los cinco factores alternativos de la personalidad de Zuckerman</i>	79
1.2.2.2.3.3. <i>Cerebro y modelo de personalidad de Zuckerman</i>	85
1.2.3.2.4. <i>El modelo psicobiológico de la personalidad de Cloninger</i>	87
1.2.3.2.4.1. <i>Cerebro y modelo de personalidad de Cloninger</i>	89
1.3. <i>Las emociones humanas</i>	91
1.3.1. <i>Naturaleza de las emociones</i>	91
1.3.2. <i>Cerebro y emociones</i>	93
1.3.3. <i>Teorías de las emociones</i>	95
1.3.4. <i>Instrumentos de evaluación de las emociones</i>	102
1.3.4.1. <i>International Affective Picture System</i>	104
1.3.4.2. <i>Caras afectivas</i>	106
1.3.5. <i>Medidas subjetivas de las emociones</i>	108
1.3.5.1. <i>Diferencial semántico</i>	108
1.3.5.2. <i>Self-Assessment Manikin</i>	109
1.3.6. <i>Medidas objetivas de las emociones</i>	111
1.3.6.1. <i>Medidas periféricas</i>	111
1.3.6.1.1. <i>Actividad electrodérmica</i>	111
1.3.6.1.2. <i>Electromiografía facial</i>	112
1.3.6.1.3. <i>Reflejo de sobresalto</i>	112
1.3.6.1.4. <i>Actividad cardíaca</i>	114
1.3.6.2. <i>Medidas centrales</i>	115
1.3.6.2.1. <i>Electroencefalograma</i>	115
1.3.6.2.2. <i>Resonancia magnética funcional</i>	115
1.3.6.2.3. <i>Espectroscopia funcional de infrarrojo cercano</i>	115
1.4. <i>Funciones ejecutivas</i>	116
1.4.1. <i>Concepto y definición</i>	116
1.4.2. <i>Control inhibitorio</i>	117
1.4.3. <i>Memoria de trabajo</i>	117
1.4.4. <i>Flexibilidad cognitiva</i>	119
1.4.5. <i>Evaluación de las funciones ejecutivas</i>	119
1.4.6. <i>Funciones ejecutivas y estructuras frontales</i>	122
1.5. <i>Estudios con fNIRS y variables psicológicas</i>	124
1.5.1. <i>Estudios de fNIRS y funciones cognitivas</i>	124

1.5.2. Estudios de fNIRS y emociones.....	132
1.5.3. Estudios de fNIRS y personalidad.....	138
1.5.4. Estudios fNIRS y psicopatología.....	144
1.5.5. Estudios con fNIRS y trastornos de personalidad.....	152
1.6. Objetivos e hipótesis.....	156
1.6.1. Objetivos generales.....	156
1.6.2. Hipótesis generales.....	156
1.6.2.1. Hipótesis referentes a las funciones ejecutivas.....	157
1.6.2.1.1. Fundamento teórico.....	157
1.6.2.1.2 Hipótesis 1.....	157
1.6.2.2. Hipótesis referentes a las emociones.....	158
1.6.2.2.1. Fundamento teórico.....	158
1.6.2.2.2. Hipótesis 2.....	158
1.6.2.3. Hipótesis referentes a las emociones y la personalidad.....	159
1.6.2.3.1. Fundamento teórico.....	159
1.6.2.3.2. Hipótesis 3.....	159
1.6.2.3.3. Hipótesis 4.....	159
2. ESTUDIOS EXPERIMENTALES.....	161
2.1. Estudio 1: Actividad prefrontal en función de la carga en una tarea de memoria de trabajo.....	164
2.1.1. Introducción.....	164
2.1.2. Método.....	167
2.1.2.1. Participantes.....	167
2.1.2.2. Procedimiento.....	168
2.1.2.3. Evaluación de la actividad prefrontal mediante espectroscopia funcional del infrarrojo cercano (fNIRS).....	169
2.1.2.4. Análisis estadísticos.....	170
2.1.2.4.1. Ejecución de la tarea.....	170
2.1.2.4.2. Actividad prefrontal.....	171
2.1.3. Resultados.....	172
2.1.3.1. Ejecución de la tarea.....	172
2.1.3.2. Actividad prefrontal.....	173
2.1.4. Discusión.....	178
2.2. Estudio 2: Actividad prefrontal y procesamiento emocional en función del Neuroticismo y la Búsqueda de Sensaciones.....	181
2.2.1. Introducción.....	181
2.2.2. Método.....	186

2.2.2.1. <i>Participantes</i>	186
2.2.2.2. <i>Procedimiento</i>	186
2.2.2.3. <i>Medidas</i>	188
2.2.2.3.1. <i>Evaluación de la personalidad</i>	188
2.2.2.3.2. <i>Evaluación de la actividad prefrontal mediante espectroscopia funcional del infrarrojo cercano (fNIRS)</i>	189
2.2.2.4. <i>Análisis estadístico</i>	190
2.2.3. <i>Resultados</i>	190
2.2.4. <i>Discusión</i>	194
2.3. <i>Estudio 3: Actividad prefrontal y procesamiento de caras afectivas en función del Neuroticismo</i>	200
2.3.1. <i>Introducción</i>	200
2.3.2. <i>Método</i>	204
2.3.2.1. <i>Participantes</i>	204
2.3.2.2. <i>Materiales</i>	205
2.3.2.2.1. <i>Escala de Neuroticismo del ZKA-PQ</i>	205
2.3.2.2.2. <i>Caras emocionales</i>	205
2.3.2.2.3. <i>Evaluación de la actividad prefrontal mediante espectroscopia funcional del infrarrojo cercano (fNIRS)</i>	206
2.3.2.2.4. <i>Medidas subjetivas</i>	206
2.3.2.3. <i>Procedimiento</i>	207
2.3.2.4. <i>Procesamiento de la señal fNIRS</i>	209
2.3.2.5. <i>Análisis estadísticos</i>	209
2.3.3. <i>Resultados</i>	211
2.3.3.1. <i>Actividad prefrontal</i>	211
2.3.3.1.1. <i>Efectos de la valencia, el tiempo y su interacción</i>	211
2.3.3.1.2. <i>Relación entre Neuroticismo y actividad en la corteza prefrontal ventrolateral ante caras emocionales</i>	215
2.3.3.2. <i>Medidas subjetivas</i>	219
2.3.4. <i>Discusión</i>	220
3. <i>DISCUSIÓN GENERAL</i>	227
3.1. <i>Verificación de hipótesis generales</i>	229
3.1.1. <i>Hipótesis referentes a las funciones ejecutivas</i>	229
3.1.1.1. <i>Hipótesis 1</i>	229
3.1.2. <i>Hipótesis referentes a las emociones</i>	230
3.1.2.1. <i>Hipótesis 2</i>	230
3.1.3. <i>Hipótesis referentes a las emociones y la personalidad</i>	230
3.1.3.1. <i>Hipótesis 3</i>	230
3.1.3.2. <i>Hipótesis 4</i>	231

3.2. Actividad de la corteza prefrontal y funciones ejecutivas	231
3.3. Actividad de la corteza prefrontal y emociones	232
3.4. Actividad de la corteza prefrontal, emociones y personalidad	233
3.5. Limitaciones	235
3.6. Futuros estudios	235
3.7. Conclusiones	236
3.8. Conclusions	239
4. REFERENCIAS	243
5. ANEXOS	299
I. Zuckerman-Kuhlman-Aluja Personality Questionnaire (ZKA-PQ)	301
II. Documento del Comité Ético de Investigación Clínica (CEIC)	313
III. Documento de información para las personas participantes	314
IV. Documento de consentimiento informado	315
V. Proyecto PSI2015-63551-P	316
VI. Respuesta solicitud incorporación al proyecto de investigación	318
VII. Jaula de Faraday: Sala experimentador y participante	319
VIII. fNIR 1100: Módulo de registro y sensor	320
IX. COBI Studio y fNIRSoft	321

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Principales dispositivos fNIRS portátiles de Onda Continua disponibles....	35
Tabla 2: Principales campos de aplicación de la fNIRS durante los últimos años....	47
Tabla 3: Principales cuestionarios basados en el modelo de 16 factores de Cattell.	54
Tabla 4: Índices de bondad de ajuste para los cinco principales cuestionarios utilizados para medir las dimensiones del modelo de Gray y ajuste para diferentes propuestas dentro del modelo.....	70
Tabla 5: Resultados de análisis factorial y correlaciones entre las escalas de diferencial semántico y Self-Assessment Manikin.....	110
Tabla 6: Algunos métodos para evaluar las distintas Funciones Ejecutivas	121
Tabla 7: Estudios recientes de fNIRS para estudiar funciones cognitivas.....	130
Tabla 8: Estudios recientes de fNIRS para estudiar los procesos emocionales.....	136
Tabla 9: Estudios recientes de fNIRS para estudiar los factores de personalidad .	142
Tabla 10: Estudios recientes de fNIRS para estudiar distintos trastornos psicopatológicos	150
Tabla 11: Estudios recientes de fNIRS para estudiar distintos trastornos de personalidad	155
Tabla 12: Tiempos de reacción medios y desviación típica en función de la dificultad y la precisión de la respuesta	173
Tabla 13: Valores medios y análisis de varianza de las variables hemodinámicas en función de la dificultad	174
Tabla 14: Comparación de actividad hemodinámica prefrontal en función de la valencia	191
Tabla 15: Análisis de varianza de la oxigenación de los canales dorsolaterales y ventrolaterales en función de la valencia y el tiempo.....	211
Tabla 16: Análisis de varianza de la oxigenación de los canales dorsolaterales y ventrolaterales en función de la valencia y el tiempo.....	212
Tabla 17: Correlaciones de Pearson entre los cambios en oxigenación para las tres valencias emocionales, en cada momento temporal y el factor Neuroticismo y sus facetas.....	216
Tabla 18: Valoraciones subjetivas de Valencia y Arousal para cada categoría de imágenes	219

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de clasificación de las ondas electromagnéticas en función de su frecuencia	25
Figura 2: Número de artículos científicos sobre fNIRS publicados cada año.....	28
Figura 3: Espectro de absorción de la Hemoglobina oxigenada, Hemoglobina desoxigenada y el agua.....	30
Figura 4: Elementos y disposición del registro de la actividad de la corteza cerebral mediante fNIRS	31
Figura 5: Esquema de los tres tipos diferentes de dispositivos fNIRS	33
Figura 6: Dispositivo fNIR 1100	36
Figura 7: Corte lateral y medial de las áreas de Brodmann	37
Figura 8: Área de Brodmann 9.....	37
Figura 9: Área de Brodmann 10.....	38
Figura 10: Área de Brodmann 44	38
Figura 11: Área de Brodmann 45	39
Figura 12: Área de Brodmann 46	39
Figura 13: Área de Brodmann 47	40
Figura 14: Evolución histórica de las propuestas del modelo de los Cinco Grandes	57
Figura 15: Áreas cerebrales cuyo volumen se asoció a las dimensiones de personalidad del Big Five.....	59
Figura 16: Modelo inicial de 2 factores ortogonales de Eysenck	62
Figura 17: Estructura jerárquica del modelo de Eysenck.....	64
Figura 18: Activaciones cerebrales ante diferentes demandas en función del rasgo de Neuroticismo.....	66
Figura 19: Representación gráfica del modelo de personalidad de Gray	68
Figura 20: Cambio en tasa cardíaca a un estímulo auditivo en función de la Búsqueda de Sensaciones y Desinhibición.....	73
Figura 21: Cambio en tasa cardíaca a un estímulo auditivo en función de la Búsqueda de Sensaciones y Desinhibición.....	76
Figura 22: Cambios en Búsqueda de Sensaciones en función de la edad	78
Figura 23: Modelo psicobiológico de la personalidad de Zuckerman.....	80
Figura 24: Modelo de los Cinco Factores Alternativos de la personalidad	84
Figura 25: Anatomía de la Búsqueda de Sensaciones y el control cognitivo	86
Figura 26: Teoría psicobiológica del temperamento y el carácter de Cloninger	88

Figura 27: Modelo de Cloninger y volumen de materia gris.....	90
Figura 28: Diagrama de las salidas de las salidas del núcleo basolateral de la amígdala a varias estructuras diana, y las salidas y dianas posteriores del núcleo central de la amígdala y el núcleo basal lateral de la estría terminal	94
Figura 29: Esquema del proceso de generación de la emoción según el modelo de James-Lange.....	96
Figura 30: Esquema del proceso de generación de la emoción según el modelo de Cannon-Bard.....	97
Figura 31: Esquema del proceso de generación de la emoción según el modelo de dos factores de Schachter y Singer.....	98
Figura 32: Modelo multidimensional y jerárquico de las emociones propuesto por Lang	100
Figura 33: Valoraciones subjetivas de valencia y arousal para las imágenes del IAPS y distribución respecto al sexo	101
Figura 34: Paradigmas más utilizados para evocar estados emocionales en estudios psicofisiológicos.....	103
Figura 35: Ejemplo de dos imágenes de alta activación, con valencia positiva y negativa, similares a las incluidas en el IAPS	105
Figura 36: Ejemplos de fotografías del set de caras afectivas NimStim	108
Figura 37: Figuras gráficas utilizadas para evaluar las dimensiones de valencia y arousal utilizando el Self Assessment Manikin	109
Figura 38: Posición de los electrodos para registrar la señal de parpadeo y localización los electrodos estimuladores del nervio trigémino	113
Figura 39: Modelo de memoria de trabajo de Baddeley	118
Figura 40: Tamaño relativo de la corteza prefrontal en diferentes especies	122
Figura 41: Secuencia de presentación de la tarea	169
Figura 42: Resultados de ejecución de la tarea en función de la dificultad.....	172
Figura 43: Evolución temporal de la activación de cada canal por nivel de dificultad	175
Figura 44: Representación topográfica de la activación para cada nivel de dificultad de la tarea.....	176
Figura 45: Diferencias entre niveles de dificultad	177
Figura 46: Distribución de cada participante en función del Neuroticismo y la Búsqueda de Sensaciones	187
Figura 47: Cambios en oxigenación por cuadrante ante estímulos de valencia positiva y negativa.....	193
Figura 48: Representación topográfica de las diferencias en valores de oxigenación prefrontal en participantes altos en Neuroticismo	194

Figura 49: Diferencial semántico utilizado en el estudio	207
Figura 50: Secuencia de presentación de las expresiones emocionales	208
Figura 51: Cambios en oxigenación por canal para cada valencia a lo largo del tiempo.....	213
Figura 52: Representación topográfica de las diferencias en oxigenación ante la presentación de caras enfadadas vs caras alegres.....	214
Figura 53: Cambios en oxigenación ante caras de diferente valencia emocional a lo largo del tiempo para los dos grupos de Neuroticismo	218

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

µmol/l	Micromoles / litro
ANOVA	Análisis de la varianza
BA	Área de Brodmann
BART	Balloon Analogue Risk Task
BAS	Sistema de inhibición conductual
BFQ	Big Five Questionnaire
BIS	Sistema de activación conductual
BOLD	Imagen de contraste dependiente del nivel de oxígeno en la sangre
CBQ	Child Behavior Questionnaire
DMN	Default mode network
DSM	Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders
DT	Desviación típica
ECG	Electrocardiograma
EDA	Actividad electrodermal
EEG	Electroencefalografía
FDA	Food and Drug Administration
FFFS	Sistema de lucha-huida-congelación
fMRI	Functional magnetic resonance imaging
fNIRS	Functional Near-Infrared Spectroscopy
HbO ₂	Hemoglobina oxigenada
HbR	Hemoglobina desoxigenada
HbT	Hemoglobina total
Hz	Hercios
IAPS	International Affective Picture System
IRB	Institut de Recerca Biomèdica
KDEF	Karolinska Directed Emotional Faces
MAO	Monoamina oxidasa
N	Neuroticismo
NE1	Ansiedad (Factor de Neuroticismo)
NE2	Depresión (Factor de Neuroticismo)
NE3	Dependencia (Factor de Neuroticismo)
NE4	Baja autoestima (Factor de Neuroticismo)
NEO PI-R	Revised NEO Personality Inventory
NEO-FFI	NEO Five-Factor Inventory
NIRS	Near-Infrared Spectroscopy
Oxy	Cambios en la oxigenación de la hemoglobina
PEN	Psicoticismo, Extraversión, Neuroticismo
PET	Tomografía por emisión de positrones
POFA	Pictures of facial affect

RaDF	Radboud Faces Database
SAM	Self-Assessment Manikin
SARA	Sistema de activación reticular ascendente
SC	Sensibilidad al castigo
SCL	Nivel de conductancia eléctrica de la piel
SCR	Respuesta de conductancia eléctrica de la piel
SEM	Standard error of the mean
SNR	Ratio Señal/Ruido
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SR	Sensibilidad al reforzamiento
SS	Búsqueda de Sensaciones
SSS	Sensation Seeking Scale
TCI	Temperament and Character Inventory
TLP	Trastorno límite de la personalidad
TMS	Estimulación magnética transcraneal
UdL	Universitat de Lleida
UPPS	Urgency, Premeditation, Perseverance, Sensation Seeking Scale
ZKA-PQ	Zuckerman-Kuhlman-Aluja Personality Questionnaire
ZKA-PQ/SF	Zuckerman-Kuhlman-Aluja Personality Questionnaire / Short Form
ZKPQ	Zuckerman-Kuhlman Personality Questionnaire

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. Espectroscopia funcional de infrarrojo cercano (fNIRS)

El término espectroscopia se forma de la palabra latina "spectrum" (aparición, imagen) y el término griego "skopia" (exploración, observación). La espectroscopia es, por tanto, una técnica para el estudio de las interacciones de radiaciones electromagnéticas con la materia. Los efectos que pueden ocurrir en tales interacciones son la emisión, la absorción o la dispersión de la radiación electromagnética. En base al espectro resultante de esa interacción podemos inferir propiedades detalladas sobre la estructura y las propiedades químicas de la materia (Siesler, Ozaki, Kawata y Heise, 2008).

La espectroscopia que utiliza pulsos de longitudes de onda entre 700 y 2500 nm se conoce como espectroscopia de infrarrojo cercano. Esta nomenclatura se debe a que tales longitudes de onda se encuentran dentro del espectro del infrarrojo más cercano al espectro visible por el ojo humano (390 – 750 nm) (Figura 1).

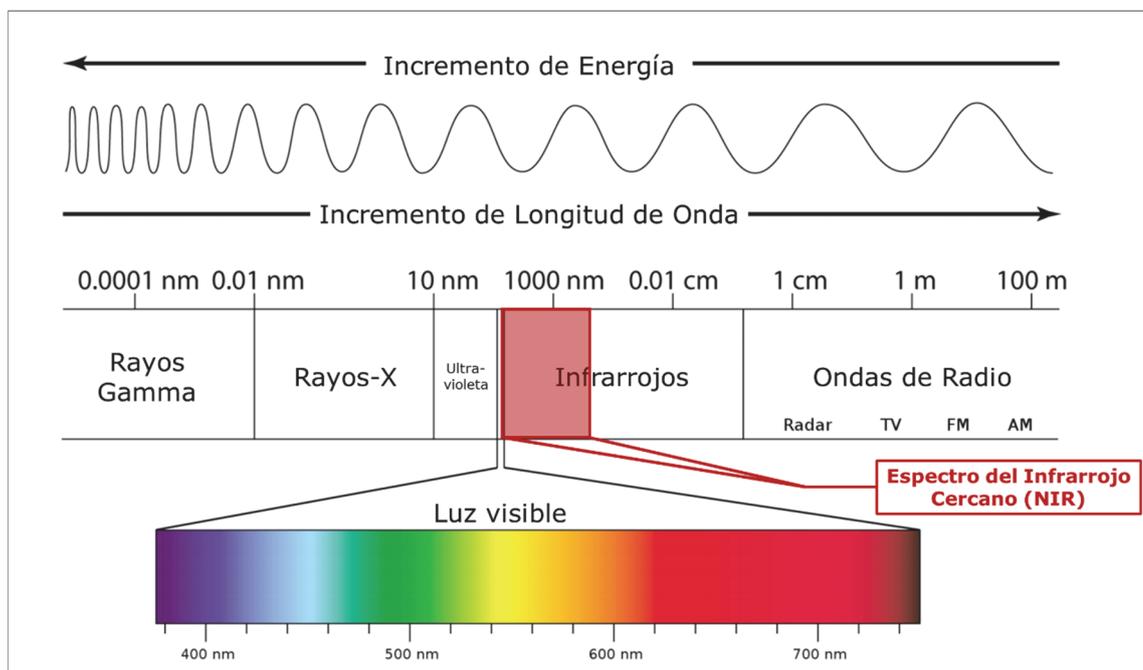


Figura 1

Esquema de clasificación de las ondas electromagnéticas en función de su frecuencia

Los ámbitos de aplicación de la espectroscopia de infrarrojo cercano incluyen multitud de campos de diversa naturaleza: agricultura, astronomía, medicina, etc. Por ejemplo, en agricultura se utiliza para medir la composición exacta de los productos (Shenk y Westerhaus, 1994). En astronomía se puede utilizar para calcular con precisión la composición de determinados objetos celestes (Quinlan, Ycas, Osterman y Diddams, 2010). En medicina se puede utilizar con la finalidad de medir la composición y el estado de un tejido orgánico, ya sea de un órgano externo como la piel o de uno interno como el cerebro (Sakudo, 2016).

En su aplicación en humanos la técnica de espectroscopia funcional de infrarrojo cercano (fNIRS) puede emplearse como una técnica de neuroimagen no invasiva que, por medio de señales ópticas, permite registrar y analizar los cambios en la oxigenación de la corteza cerebral (Ayaz et al., 2012)¹. En este capítulo se describe en que consiste la fNIRS, su origen, descripción de la técnica y características, los tipos de dispositivos existentes, el procesado de la señal, las correlaciones con otras técnicas de neuroimagen, su uso simultáneo con otros dispositivos, las ventajas e inconvenientes que presenta y sus aplicaciones en investigación y clínica.

Existe un significativo número de revisiones acerca de la fNIRS, su evolución, características, aplicaciones y perspectivas futuras. Parte de la información incluida en este capítulo puede encontrarse en estas revisiones (Cutini, Moro y Bisconti, 2012; Ferrari y Quaresima, 2012; Scheeren, Schober y Schwarte, 2012; Scholkmann et al, 2014; Strait y Scheutz, 2014).

1.1.1. *Origen y evolución histórica*

El uso de medios ópticos para registrar cambios en respuestas fisiológicas del organismo tiene su origen en el oxímetro presentado por Glenn Allan Millikan en 1941 (Severinghaus y Astrup, 1986). Este aparato consistía en una pequeña bombilla adaptada a la oreja cuyo objetivo original

¹ Las citas de más de 5 autores se anotan con el primer autor y “et al”, desde la primera cita.

consistía en monitorizar el estado de conciencia de los pilotos de aviones de combate. El uso de técnicas ópticas para medir la actividad funcional de un organismo ha ido evolucionando hasta los dispositivos actuales que permiten registrar y analizar la actividad de la corteza cerebral in vivo.

La primera publicación científica que introdujo el uso de técnicas espectroscópicas para medir los cambios funcionales de la corteza cerebral fue realizada en 1977 por Frans Jöbsis (Jöbsis, 1977). Este avance llevó a que se popularizara su uso y empezaran a aparecer numerosos estudios basados en la técnica fNIRS para medir los cambios en la actividad hemodinámica de la corteza cerebral (Ferrari y Quaresima, 2012).

Los primeros estudios de fNIRS utilizaban un solo sensor para medir la actividad cerebral, esto limitaba el registro de la actividad hemodinámica a una sola zona del cerebro. Debido a la necesidad de registrar múltiples áreas de la corteza de forma simultánea surgieron los primeros dispositivos multi-canal. La primera evidencia del uso de esta clase de dispositivos la presentaron Hoshi y Tamura (1993a). Sin embargo, todavía quedaba por resolver el problema de la interferencia provocada entre los distintos canales, un hecho solucionado por Maki y colaboradores (1995) mediante el método de codificación de frecuencia.

En 1993 cuatro grupos diferentes publicaron resultados midiendo la actividad de la corteza cerebral mediante el uso de fNIRS (Chance et al., 1993; Hoshi y Tamura, 1993b; Kato et al., 1993; Villringer, Planck, Hock, Schleinkofer y Dirnagl, 1993). La primera vez que se aplicó en ámbito clínico fue en 1994. Un grupo de investigación de la Universidad de Hokkaido utilizó esta técnica con pacientes afectados por la esquizofrenia (Okada, Tokumitsu, Hoshi y Tamura, 1994). Por su parte, el primer estudio de fNIRS llevado a cabo con niños fue publicado en 1998 por un grupo de la University College London (Meek et al., 1998). Todos estos progresos han sido precursores de un uso cada vez más común de esta técnica y, por lo tanto, de la aparición de un número cada vez mayor de publicaciones científicas que hacen referencia a la fNIRS.

En la Figura 2 se representan el número de artículos publicados, utilizando los términos “NIRS” o “fNIRS” o “functional near-infrared spectroscopy”, en los campos de “Psicología” y “Neurociencia”, recogidos en la base de datos Scopus. En el gráfico se destaca el gran incremento que está teniendo esta técnica en los últimos años. En el año 2004 aparecieron solamente 80 documentos con estos términos, mientras que durante el año 2019 aparecieron 784 investigaciones relativas a esta técnica. Este hecho evidencia la importancia que va adquiriendo la fNIRS dentro de los métodos actuales de investigación y el gran número de aplicaciones que se desarrollan gracias a su implementación.

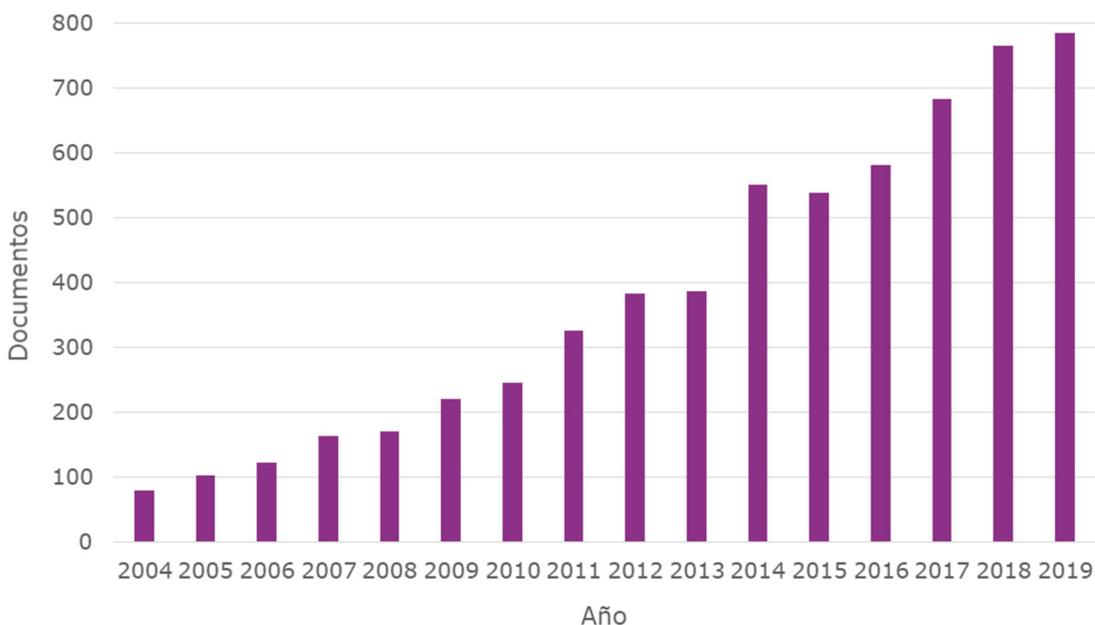


Figura 2

Número de artículos científicos sobre fNIRS publicados cada año

1.1.2. Descripción de la técnica

La fNIRS se fundamenta en la emisión de pulsos de luz a una determinada longitud de onda del espectro infrarrojo cercano (700 nm- 2500 nm). La luz viene compuesta de partículas electromagnéticas conocidas como fotones. Un fotón es una partícula elemental que no presenta masa en estado

de reposo y se mueve a la velocidad de la luz. Los fotones presentan una dualidad en sus propiedades puesto que muestran comportamientos tanto de onda como de partículas. Los fotones presentan características propias de las ondas en fenómenos como la refracción o la cancelación, no obstante, se comportan como partículas en su interacción con la materia a la hora de transferir una cantidad fija de energía. La técnica de fNIRS se basa en la capacidad de los tejidos del organismo para absorber o dispersar los fotones situados en el espectro de onda cercano al infrarrojo (Obrig et al., 2000). Los fotones inciden en el tejido orgánico, y son detectados por un dispositivo sensible a los cambios en luminosidad.

Los cambios producidos en la actividad neuronal se relacionan con los consecuentes cambios en el flujo sanguíneo, este mecanismo es conocido como acoplamiento neurovascular (“neurovascular coupling”). Tales cambios hemodinámicos responden a una necesidad mayor de nutrientes y oxígeno. Sin embargo, todavía no existe un conocimiento preciso acerca del funcionamiento exacto de estos procesos (Phillips, Chan, Zheng, Krassioukov y Ainslie, 2016). La técnica de fNIRS da información acerca de la variación del flujo sanguíneo en la corteza cerebral.

El principal elemento de la corteza cerebral medible por efecto de la luz NIRS es la hemoglobina. La hemoglobina es una proteína presente en la sangre cuya función consiste en transportar el oxígeno desde los órganos del sistema respiratorio hacia todas las estructuras del cuerpo regadas por el torrente sanguíneo, incluyendo los cuerpos neuronales. Las neuronas consumen energía (glucosa) cuando se activan, y el oxígeno es necesario para metabolizar esa glucosa. Cuando un grupo de neuronas se activa hay un incremento en la demanda de oxígeno en esa área. El oxígeno es transportado por el torrente sanguíneo por medio de la hemoglobina. El intercambio de oxígeno ocurre en los lechos capilares. Cuando la hemoglobina oxigenada traspasa su oxígeno al tejido neural se convierte en hemoglobina desoxigenada.

La hemoglobina por si sola presenta un color rojizo, que en contacto con el oxígeno se vuelve de una tonalidad más intensa. Es por ello que la sangre de las arterias (oxigenada) es de un color rojo más vivo, mientras que en las venas (desoxigenada) el color es más oscuro. En consecuencia, las características de absorción del espectro lumínico de esta proteína dependerán de su nivel de oxigenación. Los distintos perfiles de absorción hacen que mediante el uso de dos longitudes de onda distintas sea posible medir los cambios en hemoglobina oxigenada y hemoglobina desoxigenada (Figura 3). El espectro de absorción de la hemoglobina oxigenada fue descrito por Hoppe-Seyler en 1862, y dos años más tarde Stokes especificó el espectro de absorción de la hemoglobina desoxigenada (Perutz, 1995), demostrando la existencia de ambos estados de oxigenación y consecuentemente destacando la importancia de esta proteína en el transporte de oxígeno (Wayne, 2009).

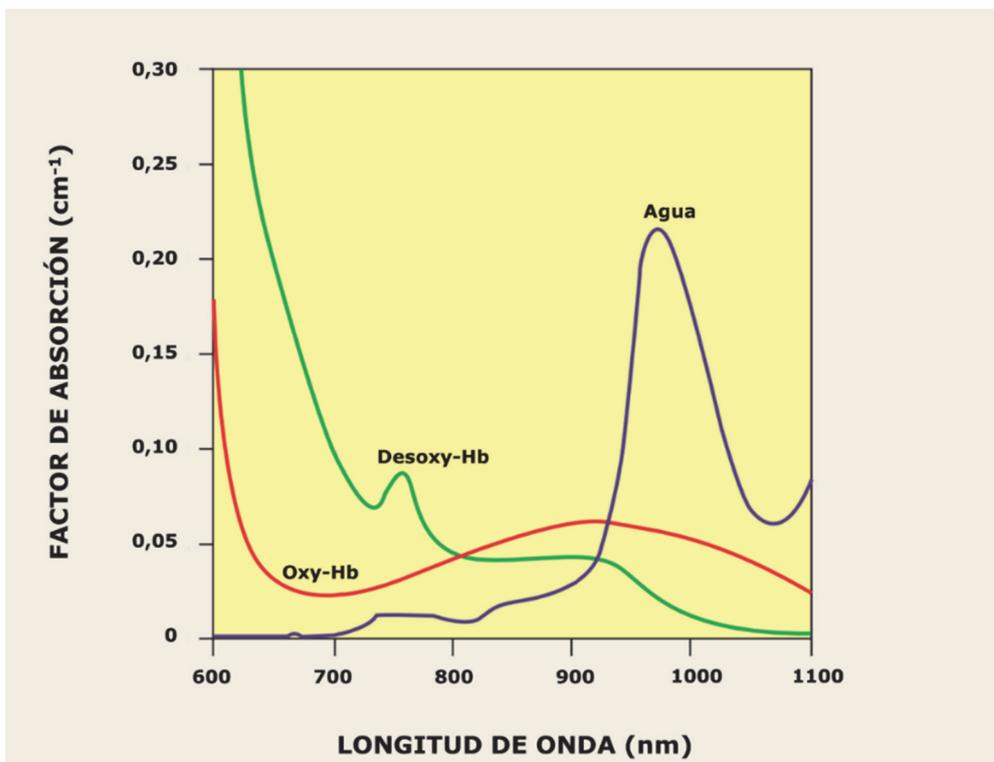


Figura 3

Espectro de absorción de la Hemoglobina oxigenada, Hemoglobina desoxigenada y el agua (Adaptado de Bunce, Izzetoglu, Izzetoglu, Onaral, y Pourrezaei, 2006)

La Figura 4 muestra los elementos y disposición del registro de la actividad de la corteza cerebral mediante un sistema de espectroscopia funcional de infrarrojo cercano. El emisor LED produce pulsos luminosos que inciden en la corteza cerebral (materia gris) y siguen una trayectoria en forma de banana hasta ser captados por los receptores situados a una distancia determinada. Cada combinación entre emisor-receptor forma un canal de registro. La fNIRS permite calcular los cambios en la oxigenación de la hemoglobina situada en los vasos sanguíneos pequeños ($< 1\text{mm}$). Esta técnica no es sensible a la actividad hemodinámica en vasos sanguíneos grandes ($> 1\text{mm}$), puesto que dado su tamaño estos absorberán por completo los pulsos de luz (Ferrari y Quaresima, 2012). Aquellos fotones que no hayan sido absorbidos por el tejido orgánico se utilizan para medir los cambios en la oxigenación de la hemoglobina. Estos pulsos pueden acceder a regiones situadas a un máximo de entre 1 y 2 cm dentro del cuero cabelludo. El par formado por un emisor de luz y un detector forman cada uno de los canales de registro. Analizando el conjunto de los canales permite reconstruir un mapa topográfico de activación cortical en 2D.

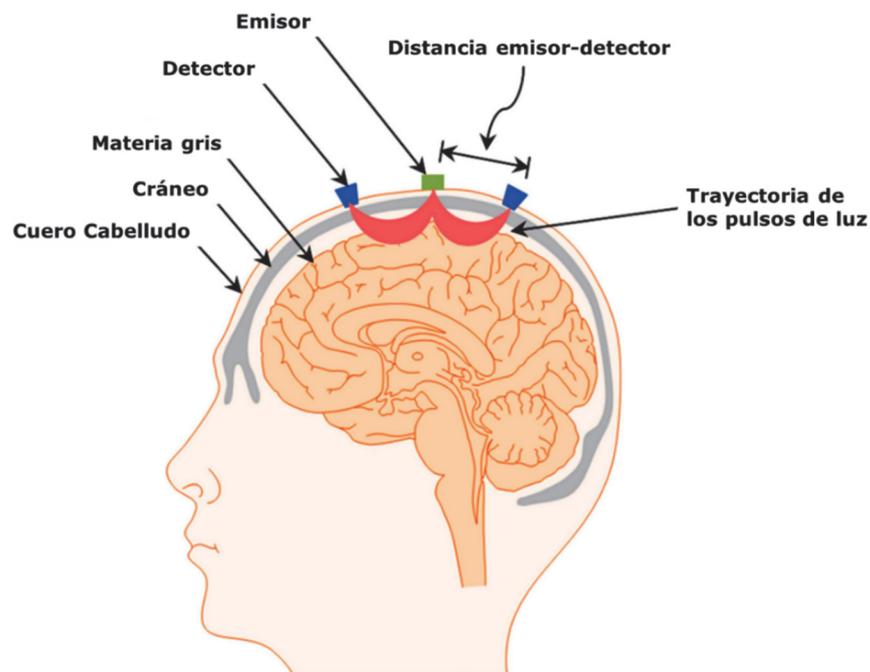


Figura 4

Elementos y disposición del registro de la actividad de la corteza cerebral mediante fNIRS
(Adaptado de Naseer y Hong, 2015)

A nivel temporal los cambios hemodinámicos captados por la fNIRS presentan una demora de 1-2 segundos entre el estímulo precipitante y el inicio de la respuesta, encontrando su pico de activación entre 4-8 segundos tras el inicio del estímulo. Una vez empieza a decrecer la señal, el retorno a un estado original de homeostasis puede durar entre 10 y 15 segundos (Kohl et al., 2000).

La mayoría de dispositivos fNIRS limitan su área de registro a la corteza prefrontal, principalmente a las áreas de Brodmann BA9, BA10, BA44, BA46, BA45 y BA47 (Brodmann, 1909; Liang, Bronzino y Peterson, 2012). El interés en el estudio de la corteza prefrontal viene dado por el hecho de ser un área comúnmente relacionada con una gran serie de procesos cognitivos superiores (Miller y Cohen 2001). Algunas de las funciones relacionadas con la corteza prefrontal solo son observables en humanos, por lo que son necesarios dispositivos que faciliten su análisis buscando la mínima interferencia para el sujeto experimental.

Al ser una zona desprovista de pelo, el área prefrontal presenta mayor facilidad para su acceso mediante dispositivos ópticos. La pigmentación producida por la concentración de la melanina presente en el cabello atenúa significativamente la transmisión de los pulsos lumínicos e impide el registro de los cambios hemodinámicos mediante la señal fNIRS (Murkin y Arango, 2009). En consecuencia, en aquellas áreas de la cabeza en las que exista una mayor densidad capilar, como las zonas temporales u occipitales, es más probable que la señal luminosa se vea bloqueada.

1.1.3. Tipos de dispositivos

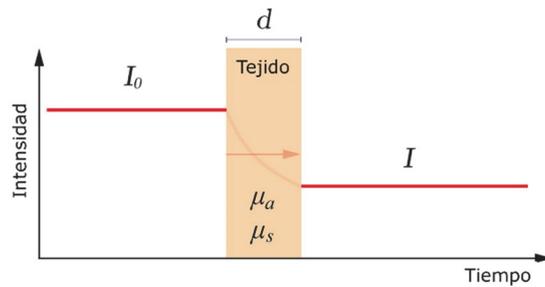
Son tres los principales tipos de instrumentos que usan fNIRS para medir la actividad cerebral (Scholkmann et al, 2014) (Figura 5):

- a) Dispositivos de modalidad de Onda Continua, que envían pulsos de luz constantes y miden los cambios en la oxigenación de la hemoglobina a lo largo del registro a través de los fotones que han atravesado el tejido.
-

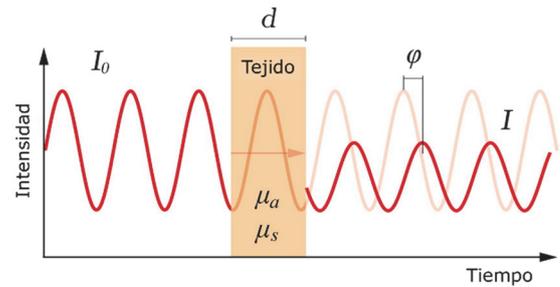
b) De Dominio de Frecuencia, los cuales envían pulsos constantes, pero modulando su intensidad, de forma que tras incidir en la corteza se puedan observar cambios tanto en la intensidad como en la demora de fase de la luz.

c) De Dominio de Tiempo, estos envían impulsos intermitentes muy breves para detectar la forma de los fotones tras incidir y dispersarse en la corteza.

(a) Onda continua



(b) Dominio de frecuencia



(c) Dominio de tiempo

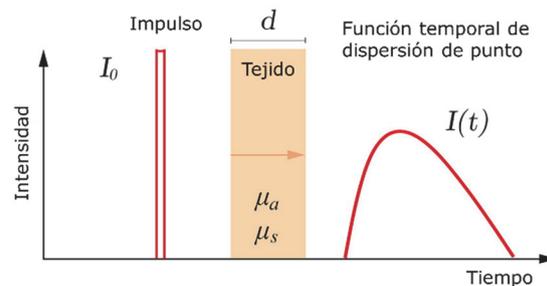


Figura 5

Esquema de los tres tipos diferentes de dispositivos fNIRS² (Adaptado de Scholkmann et al., 2014)

Los primeros dispositivos fNIRS que aparecieron se basaban todos en el diseño de Onda Continua (Scholkmann et al., 2014). Las mediciones obtenidas usando métodos de Onda Continua y de Dominio de la Frecuencia no difieren significativamente, por lo que en cuanto a precisión de la medida sería indistinto el uso de uno o de otro (Davies et al., 2017). Una de las principales ventajas del uso de métodos de Onda Continua es la sencillez de

²(a) Onda Continua, (b) Dominio de Frecuencia y (c) Dominio de Tiempo. I_0 : señal luminosa incidente; I : señal luminosa transmitida; μ_a : coeficiente de absorción; μ_s : coeficiente de dispersión; d : espesor del medio; φ : demora de fase; $I(t)$: Función Temporal de Dispersión de Punto.

los dispositivos, pues son mucho más económicos y prácticos (algunos incluso inalámbricos) que los otros métodos de registro NIRS. La principal desventaja que presentan los registros que utilizan Onda Continua es que solo miden los cambios en la oxigenación de la hemoglobina, sin ser capaces de otorgar valores absolutos de concentración. Por su parte, las técnicas de Dominio de Frecuencia y Dominio de Tiempo permiten obtener los coeficientes de absorción y reducción de la dispersión, mediante los cuales es posible obtener valores absolutos de hemoglobina oxigenada y desoxigenada. La mayor parte de estudios realizados con NIRS hasta la fecha utilizan dispositivos de Onda Continua para medir los cambios en oxigenación en la corteza cerebral.

1.1.4. *Dispositivos actuales*

Los dispositivos actuales han ido reduciendo su tamaño hasta conseguir sistemas portátiles e incluso inalámbricos. Estos sistemas más modernos aportan una mayor flexibilidad y comodidad tanto para el experimentador como para el participante. En consecuencia, son una herramienta útil para registrar las activaciones de la corteza cerebral relacionadas con tareas cognitivas en un ambiente más ecológico y real para el sujeto experimental (Liu, Pelowski, Pang, Zhou y Cai, 2016). Actualmente distintas empresas han comercializado dispositivos con estas características, en la Tabla 1 se listan algunos de los principales dispositivos portátiles de Onda Continua disponibles en el mercado y sus características.

El dispositivo utilizado para la realización de los estudios presentados en esta tesis es el fNIR 1100 (Figura 6) (Ver Anexo VIII), incluido en la Tabla 1. El fNIR 1100 es un módulo desarrollado y comercializado por la empresa fNIR Devices LLC (Estados Unidos, <http://www.fnirdevices.com>). Este sistema se basa en la tecnología de Onda Continua para medir la actividad prefrontal a través de los cambios en la oxigenación de la hemoglobina de la corteza prefrontal. El fNIR 1100 está basado en la tecnología desarrollada por el grupo del profesor Peter Chance en la Universidad de Drexel (Filadelfia, Estados Unidos) (Chance et al, 1998). El fNIR 1100 utiliza pulsos de Onda

Continua a dos longitudes de onda distintas, 730 y 850 nm, que son absorbidos por la hemoglobina desoxigenada y oxigenada respectivamente. La frecuencia de muestreo del fNIR 1100 es de 2 medidas por segundo (2 Hz). Es un dispositivo diseñado para su uso en personas adultas, portátil, de fácil aplicación y poco intrusivo para los participantes. El sistema se compone del módulo de control fNIR, un sensor compuesto de 4 emisores led y 10 sensores para un total de 16 canales, cables para conectar el sensor con el módulo de control, cables de alimentación para el módulo y un cable USB para conectar el módulo con un ordenador de registro.

Tabla 1

Principales dispositivos fNIRS portátiles de Onda Continua disponibles (Adaptado de Ferrari y Quaresima, 2012)

Dispositivo	Año	Inalámbrico	Nº de Canales	Compañía	Web
fNIR 1100	2009	No	16	fNIR Devices, Estados Unidos	http://www.fnirdevices.com
fNIR 1100w ¹	2011	Si	2 o 4	fNIR Devices, Estados Unidos	http://www.fnirdevices.com
HOT 121B	2011	Si	2	Hitachi, Japón	http://www.hitachimed.com
NIRSport	2011	Si	Hasta 256	NIRx, Estados Unidos	http://www.nirx.net
OEG-16	2009	No	16	Spectratech, Japón	http://www.spectratech.co.jp
OEG-SpO ₂ ²	2011	Si	16	Spectratech, Japón	http://www.spectratech.co.jp
PocketNIRS Duo	2010	Si	2	DynaSense, Japón	http://www.dynasense.co.jp
PortaLite ³	2011	Si	1	Artinis, Países Bajos	http://www.artinis.com
WOT	2009	Si	22	Hitachi, Japón	http://www.hitachimed.com

¹Dispositivo también disponible para registros de niños.

²Medida de saturación HbO₂ a nivel arterial.

³Oxímetro cerebral.

El software utilizado para registrar las señales de fNIRS es el Cognitive Optical Brain Imaging (COBI) Studio (Ayaz et al., 2011). El programa está diseñado con una interfaz que permite controlar los valores de intensidad de

la luz y de amplificación de la señal. Durante el registro permite observar los valores que se van obteniendo y así detectar posibles problemas en la señal. Este software incluye la opción de recibir señales digitales enviadas por otros dispositivos, permitiendo al fNIR 1100 sincronizarse con otro software como E-Prime o Presentation, preparados para el diseño y ejecución de experimentos.

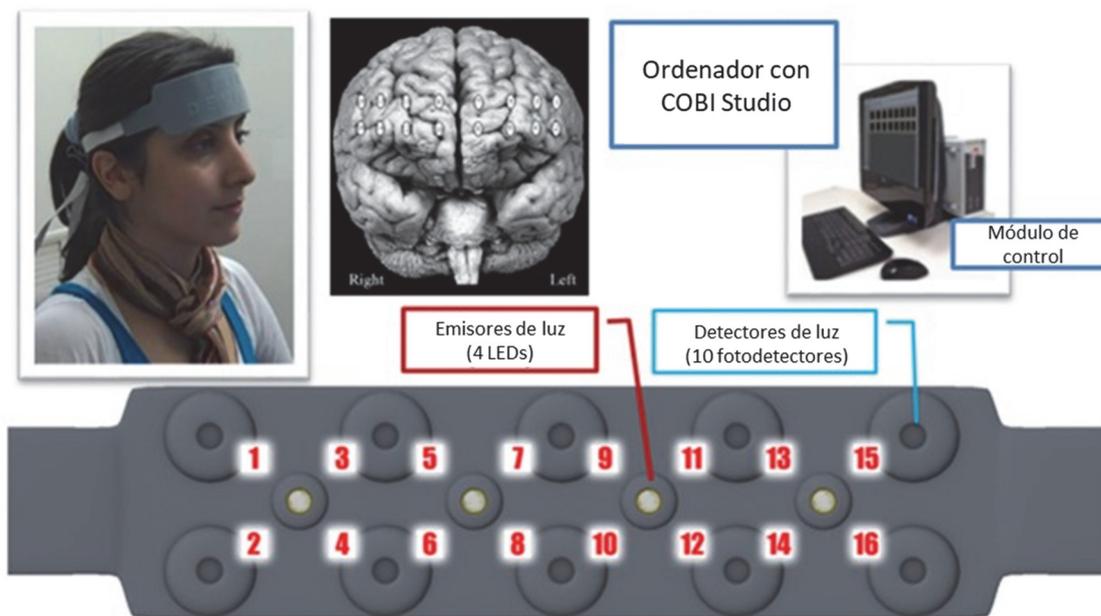


Figura 6

Dispositivo fNIR 1100 (Adaptado de Ayaz et al., 2013)

1.1.5. Áreas de la corteza prefrontal

El estudio de la corteza cerebral a través de la técnica de fNIRS ha centrado su interés en las áreas prefrontales. Como se ha comentado anteriormente en el capítulo, muchos de los dispositivos de fNIRS están diseñados para cubrir exclusivamente estas estructuras. Según la clasificación propuesta por Brodmann las áreas registradas son la BA9, BA10, BA44, BA45, BA46 y BA47. Esta clasificación fue originariamente propuesta por el anatomista alemán Korbinjan Brodmann (1909) en base a la organización citoarquitectónica de las estructuras neuronales observadas en la corteza cerebral mediante Tinción de Nissl (Zilles y Amunts, 2010). Por lo

tanto, las áreas de Brodmann hacen referencia a estructuras corticales bilaterales (Figura 7).

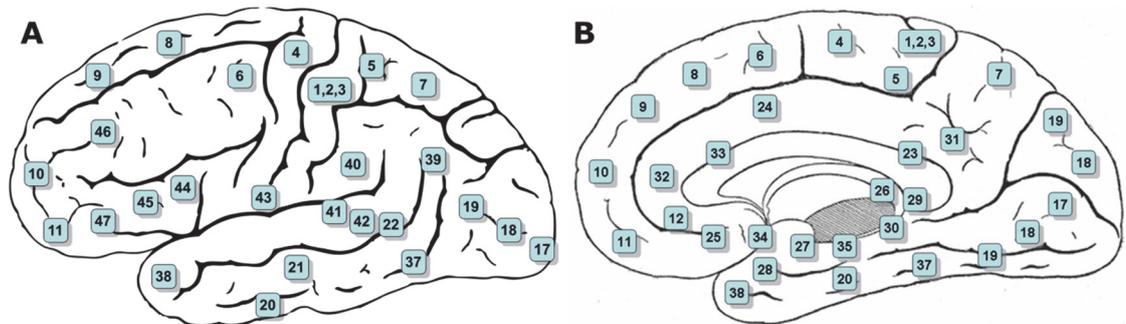


Figura 7

Corte lateral (A) y medial (B) de las Áreas de Brodmann

BA9: El área de Brodmann 9 (Figura 8) se localiza en la zona dorsal anterior de la corteza prefrontal, incluye zonas de la corteza prefrontal medial y dorsolateral.

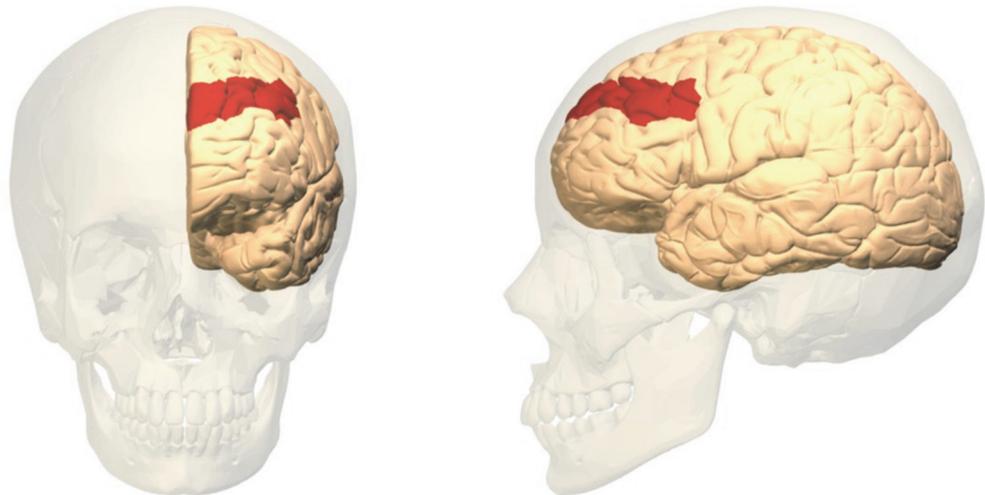


Figura 8

Área de Brodmann 9
(3D brain data is from Anatomography, CC BY-SA 2.1 jp)

BA10: El área de Brodmann 10 (Figura 9) se encuentra en la zona más rostral de la corteza prefrontal. A nivel citoarquitectónico es el área de Brodmann más grande del cerebro humano (Snow, 2016).

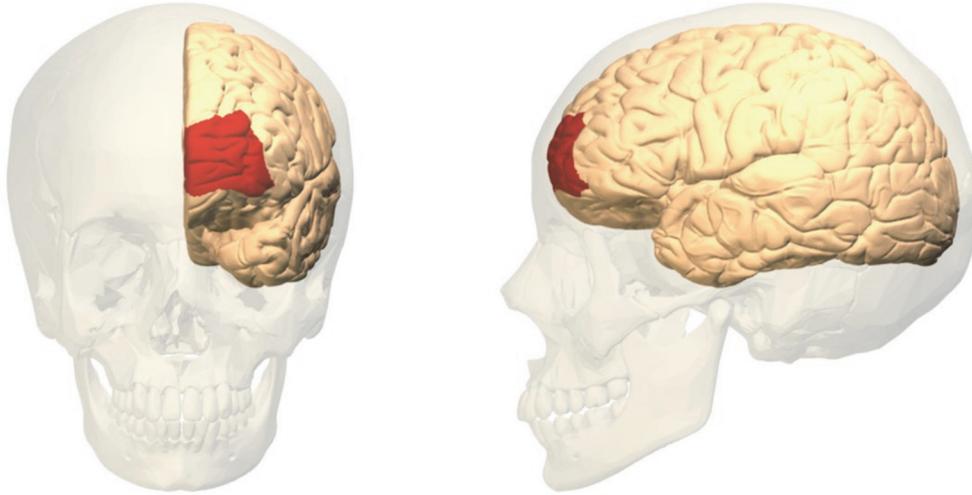


Figura 9

Área de Brodmann 10
(3D brain data is from Anatomography, CC BY-SA 2.1 jp)

BA44: El área de Brodmann 44 (Figura 10) está situada en las zonas laterales de la corteza prefrontal, anterior a la corteza premotora. Corresponde a la parte opercular del giro frontal inferior del cerebro humano.

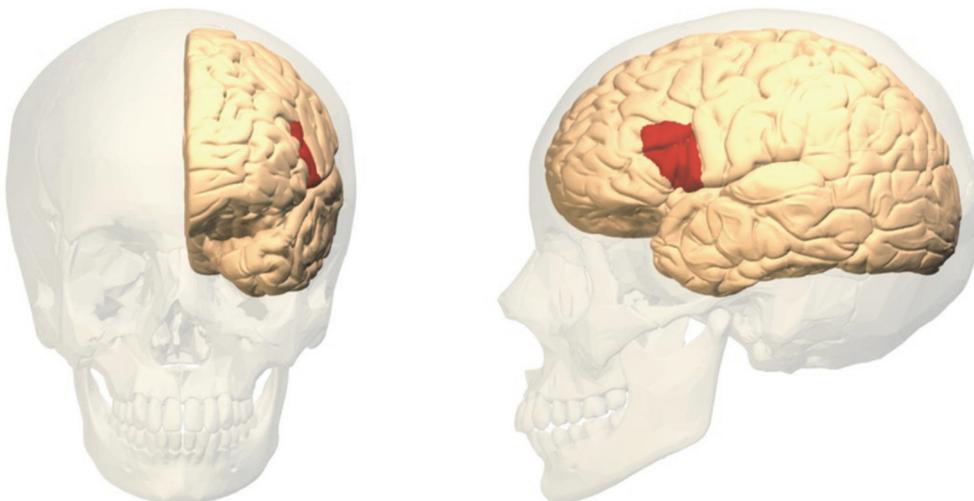


Figura 10

Área de Brodmann 44
(3D brain data is from Anatomography, CC BY-SA 2.1 jp)

BA45: El área de Brodmann 45 (Figura 11) se encuentra situada en las zonas laterales de la corteza prefrontal. En el cerebro humano incluye la parte triangular y una parte orbital del giro frontal inferior.

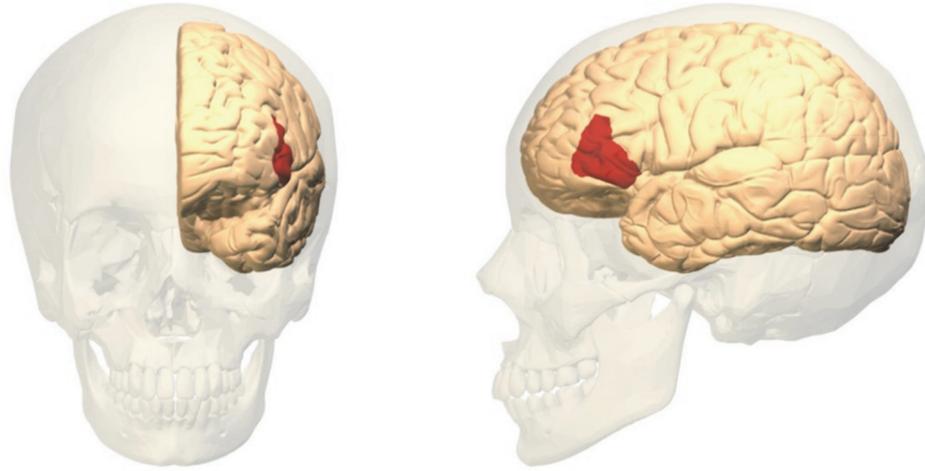


Figura 11

Área de Brodmann 45
(3D brain data is from Anatomography, CC BY-SA 2.1 jp)

BA46: El área de Brodmann 46 (Figura 12) se sitúa en el tercio medio del giro frontal inferior, en su parte más rostral, abarca parte de la corteza prefrontal dorsolateral.

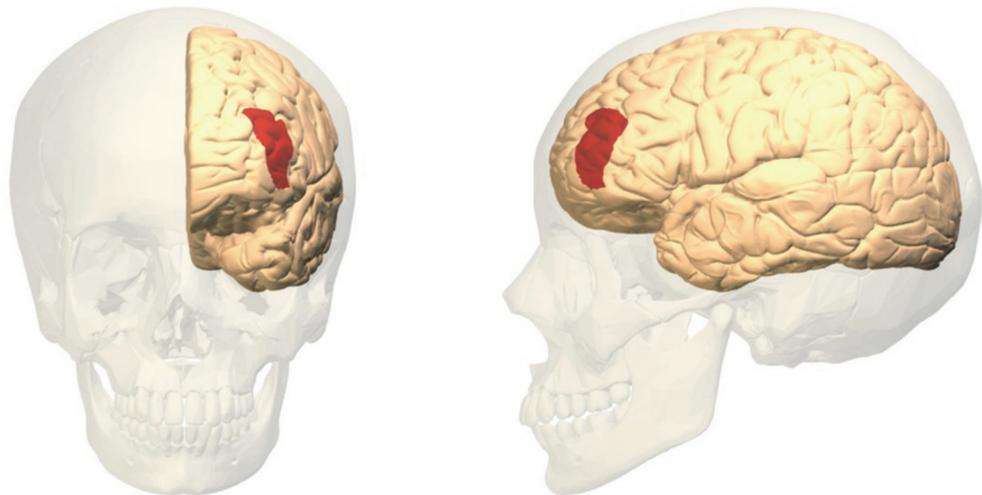


Figura 12

Área de Brodmann 46
(3D brain data is from Anatomography, CC BY-SA 2.1 jp)

BA47: El área de Brodmann 47 (Figura 13) rodea la parte caudal del surco orbital y se extiende hasta la parte más orbital del giro frontal inferior.

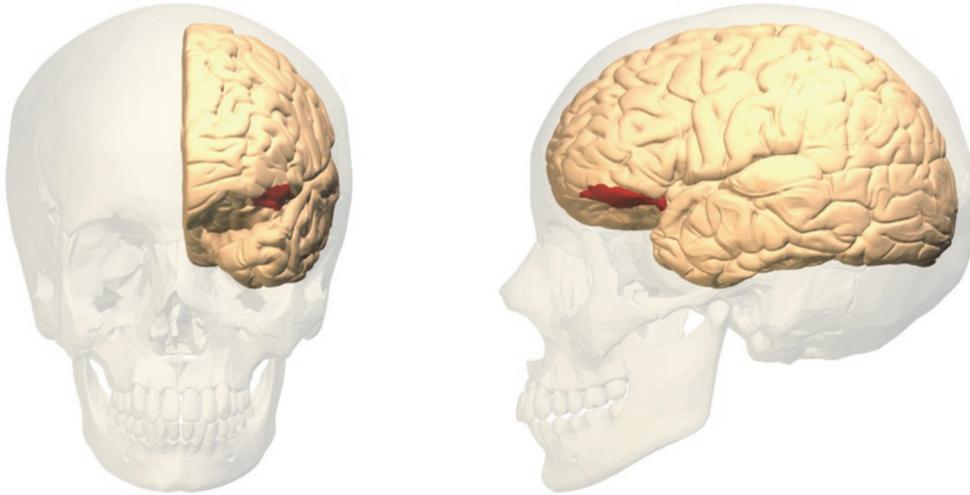


Figura 13

Área de Brodmann 47
(3D brain data is from Anatomography, CC BY-SA 2.1 jp)

1.1.6. *Procesamiento de la señal*

Actualmente no existe consenso acerca de los métodos más adecuados para procesar la señal fNIRS (Pfeifer, Scholkmann y Labruière, 2018). Estos autores remarcan que todavía no se ha publicado un artículo de guía que sirva como referencia a los investigadores que pretendan trabajar con esta técnica. En esta sección se explicarán algunos de los procedimientos más utilizados para procesar la señal, todos estos métodos han demostrado validez y consistencia en sus resultados.

Antes de realizar el registro es necesario adaptar la intensidad de los pulsos lumínicos y la amplificación de la señal para adaptarlos a las características de cada sujeto. El pre-procesado de la señal se inicia con la aplicación de un filtro de paso bajo de respuesta finita al impulso (FIR). Sobre la señal filtrada es necesario aplicar un algoritmo para eliminar los artefactos debidos al movimiento (SMAR). Deben eliminarse del análisis los canales que muestren una saturación de la señal o aquellos que no capten el impulso

luminoso con una intensidad determinada. Como referencia es común utilizar solo aquellas señales cuyos valores brutos oscilen entre 400 y 4000 mV (fNIR Devices, L. L. C., 2013). Las señales ópticas de Onda Continua registradas con la fNIRS son señales directas y deben transformarse debidamente para obtener los valores de cambio a nivel de oxigenación de la corteza cerebral. Para ello se utiliza el algoritmo matemático conocido como Beer-Lambert Law Modificada.

1.1.7. *Beer-Lambert Law Modificada*

Para calcular los cambios en oxigenación de la hemoglobina usando pulsos de Onda Continua es necesario aplicar una modificación de la *Beer-Lambert Law*. La versión originaria de este algoritmo fue descrita por primera vez por Pierre Bouguer (1729), aunque comúnmente se atribuya su formulación a Johann H. Lambert (1760) y una posterior modificación a August Beer (1852). Esta versión solo era aplicable en entornos que no provocaran dispersión en los pulsos lumínicos, por lo que se tuvo que adaptar una versión modificada para su uso en tejidos orgánicos (*Modified Beer-Lambert Law*). Esta última modificación fue llevada a cabo por Delpy y colaboradores (1988). Teniendo en cuenta los efectos de dispersión, calcula los cambios en oxigenación de la hemoglobina oxigenada (HbO₂) y la hemoglobina desoxigenada (HbR) respecto a una línea de base previa a la tarea. Mediante la diferencia entre tales variables (HbO₂-HbR) es posible calcular los cambios en oxigenación (Oxy) y mediante la suma de ambas (HbO₂+HbR) los cambios de hemoglobina totales (HbT). Todas estas variables se expresan en unidades de micromoles por litro (μmol/l).

1.1.8. *Comparación de fNIRS con otras medidas*

La fNIRS ha demostrado ser una buena técnica para medir la actividad en la corteza cerebral. Una de las principales formas en las que se ha comprobado su validez ha sido a través de las correlaciones que muestran

sus resultados con otras medidas cerebrales centrales, como la señal BOLD (Blood Oxygen Level Dependent), los cambios metabólicos o los potenciales eléctricos corticales.

Tanto la señal BOLD como las medidas de fNIRS dependen de cambios a nivel hemodinámico, ambas señales son, por tanto, medidas indirectas de activación a nivel cerebral. Múltiples estudios han mostrado la existencia de correlaciones entre ambas señales (Cui et al., 2011; Huppert, et al., 2006; Mehagnoul-Schipper et al., 2002; Strangman et al., 2002). No existe consenso acerca de qué parámetro de la fNIRS muestra mejor correlación con la señal BOLD. Una revisión de estudios que combinaban fNIRS y fMRI apuntan hacia que la variable que muestra más correlación es la hemoglobina desoxigenada (Steinbrink et al., 2006). Sin embargo, otros estudios defienden que la hemoglobina oxigenada (Strangman et al., 2002) o la hemoglobina total (Hess et al., 2000) son mejores predictores de los cambios en la señal obtenida con la fMRI. Cui et al. (2011) señalan como la SNR (Signal Noise Ratio) y la distancia entre el cuero cabelludo y el cerebro afectan a las correlaciones entre fNIRS y fMRI. Por lo tanto, una mayor correlación entre señales dependerá considerablemente de las características del registro (Strangman et al., 2002).

Asimismo, la fNIRS no solo muestra analogías con otras medidas hemodinámicas, sino que también se ha comprobado su co-activación junto con otras señales de naturaleza distinta. Una de estas señales es la actividad metabólica de la corteza cerebral medida con tomografía por emisión de positrones (PET). Diversos estudios han mostrado la correlación existente entre estas dos medidas (Hock et al., 1997; Villringer et al., 1997).

Otra medida que también ha mostrado su correlación con las medidas de fNIRS es la actividad electrocortical medida mediante electroencefalograma (EEG) (Moosman et al., 2003; Tang y Lin, 2017). La correlación de una medida hemodinámica como la fNIRS con señales metabólicas o eléctricas da consistencia a los resultados obtenidos con esta técnica.

1.1.9. *Uso simultáneo con otras técnicas*

Una de las principales ventajas que presentan los sistemas fNIRS es que permiten su uso simultáneo junto con otras técnicas de registro de neuroimagen como la Imagen por Resonancia Magnética funcional (fMRI), el electroencefalograma (EEG) o la Tomografía por Emisión de Positrones (PET). El uso de distintas técnicas de forma paralela permite una precisión a nivel espacial y temporal que no es posible conseguir con un solo método de registro. El uso simultáneo de técnicas permite además observar fenómenos que pueden pasar desapercibidos usando una sola medida.

Las características de la técnica fNIRS hacen que sea apta para su utilización dentro de un sistema de Resonancia Magnética. El primer estudio simultáneo que compatibilizó el uso de fNIRS con fMRI se publicó en 1996 (Kleinschmidt et al., 1996). En él se midieron cambios en la corteza sensoriomotora primaria durante una tarea de oposición de los dedos de una mano.

Una de las técnicas que más se ha utilizado junto a la fNIRS es el EEG. Estas técnicas son ampliamente utilizadas conjuntamente debido a la mejor resolución espacial de la fNIRS y la precisa resolución temporal que aportan las señales de EEG. Actualmente, algunos sistemas ya están diseñados con la finalidad de registrar estas dos medidas a la vez. Debido a su naturaleza óptica, la fNIRS no causa interferencias en las señales eléctricas registradas por el EEG. Asimismo, la fNIRS no se ve tan afectada por las interferencias electromagnéticas o los artefactos debidos al movimiento (Shin et al., 2018).

Hoshi et al. (1994) Presentaron el primer estudio simultaneando el uso de la técnica de fNIRS con la PET. Estos autores presentaron una serie de tareas cognitivas, aritméticas y de resolución de problemas mientras registraban ambas medidas al unísono. A pesar de esta posibilidad, el uso de la técnica de PET junto a la fNIRS no es tan común como el de fMRI o EEG (Ferrari y Quaresima, 2012).

Además de permitir el registro simultáneo de otras medidas, debido a su naturaleza óptica, la fNIRS también presenta la posibilidad de utilizar sistemas de estimulación magnética transcraneal (TMS) de forma paralela (Parks, 2013). Esta aplicación se ha utilizado para investigar tanto procesos cognitivos normales como alteraciones neuropsiquiátricas.

1.1.10. *Ventajas e inconvenientes de fNIRS*

Todas estas técnicas de neuroimagen presentan ciertas dificultades metodológicas ya sea por su precio, escasa posibilidad de utilizarse en entornos naturales o su dificultad de uso con niños o personas con impedimentos físicos o mentales. Es por ello que la fNIRS se presenta como una alternativa asequible, de fácil uso y poco invasiva para la persona cuya actividad se registre. No obstante, aun atendiendo a las amplias correlaciones existentes entre todos estos tipos de señales es importante tener en cuenta que todas ellas son medidas distintas. Por lo tanto, cada una de las medidas aportará información diferente acerca de los procesos que puedan estar ocurriendo.

Las características de la señal y de los dispositivos fNIRS hacen que presenten varias ventajas importantes respecto a otras técnicas de neuroimagen. Las características ergonómicas de los dispositivos fNIRS permiten crear un ambiente más real y ecológico para la situación experimental. Esto es especialmente importante en aquellos estudios en los que se pretenda crear un contexto similar a una situación natural, como en el caso de estudios sobre reacciones emocionales. Los dispositivos fNIRS permiten además cierto movimiento durante el registro sin que este provoque una interferencia o ruido en la señal. Este hecho ha permitido que los dispositivos de fNIRS hayan ido evolucionando hasta permitir la implementación de sistemas inalámbricos portátiles (Bunce et al., 2006). La comodidad que presenta esta clase de dispositivos también hace que se puedan realizar registros durante un periodo de tiempo mayor.

No obstante, los sistemas fNIRS también presentan distintas limitaciones. Uno de los inconvenientes que tiene el uso de esta técnica son las estructuras del cerebro que podemos abarcar, puesto que como se ha comentado anteriormente solo llegan a registrar áreas de la corteza cerebral (Villringer et al., 1993) y la mayoría de dispositivos se centran solo en regiones prefrontales (Ferrari y Quaresima, 2012) Otra de las limitaciones que presentan es una resolución a nivel espacial limitada y la demora temporal característica de todas las señales hemodinámicas. Sin embargo, a pesar de tales limitaciones, por todo lo comentado anteriormente se puede considerar la fNIRS como una buena técnica de registro de la actividad de la corteza cerebral.

1.1.11. *Aplicaciones de la fNIRS*

Las características de esta técnica y las ventajas que ofrece han hecho que sea utilizada en multitud de campos de evaluación, tratamiento o investigación. A continuación, se listan algunos ejemplos de los ámbitos en los que la tecnología fNIRS se ha aplicado (Ayaz et al., 2011):

- Evaluación de la ejecución de tareas complejas: Medir los cambios en activación de la corteza prefrontal durante la ejecución de tareas que requieran una alta carga cognitiva (Ayaz et al., 2010).
 - Monitorización de la consciencia tras el uso de anestesia: Control del estado de consciencia de una persona durante un procedimiento quirúrgico en el que se ha aplicado una anestesia privadora de consciencia (Izzetoglu et al., 2011).
 - Evaluación del dolor: Control objetivo de la sensación de dolor en situaciones de dolor crónico o en respuesta a tratamientos médicos (Pourrezaei y Barati, 2011).
-

- Interfaz Cerebro-Ordenador: Uso de los cambios hemodinámicos de la corteza cerebral para comunicarse con una computadora. Planteado tanto realizar tareas mentales con neurofeedback como en aplicaciones clínicas con pacientes afectados a nivel motor o cognitivo (Esclerosis lateral amiotrófica, Tetraplejia, Síndrome de enclaustramiento...) (Nagaoka et al., 2010).
- Juegos y entornos digitales: La fNIRS se ha implementado como mecanismo de control de entornos digitales inmersivos con finalidades lúdicas o de tratamiento (Witte, Ninaus, Kober, Neuper y Wood, 2015).
- Neurorehabilitación: Como medida cuantitativa de las afectaciones a nivel neurológico. Evaluaciones del nivel de daños y seguimiento en procesos de rehabilitación (Arenth, Ricker y Schultheis, 2007).
- Autismo: Para entender las bases neurobiológicas de este síndrome y poder identificar con precisión los procesos afectados. La fNIRS facilita los estudios con niños con autismo debido su comodidad y a permitir el movimiento del sujeto durante el registro (Keehn, Wagner, Tager-Flusberg y Nelson, 2013).
- Detección de mentiras: La fNIRS ha demostrado su validez en tareas de detección del engaño como el Test de Conocimiento Culpable. Se han observado diferencias en el registro cuando los sujetos mentían conscientemente en sus respuestas (Izzetoglu et al., 2003).

La fNIRS permite ser usada con personas que presenten alguna dificultad de movilidad o rasgos de impulsividad que impedirían el uso de otras técnicas de registro de medidas centrales. Este es uno de los principales motivos por el que su uso se está extendiendo cada vez más entre los campos de evaluación, tratamiento e investigación básica y aplicada. En su revisión sobre la historia de la fNIRS, Ferrari y Quaresima (2012) recogen algunos de los principales campos de aplicación de esta técnica a lo largo de su evolución reciente (Tabla 2).

Tabla 2

Principales campos de aplicación de la fNIRS durante los últimos años (Adaptado de Ferrari y Quaresima, 2012)

Ámbito	Aplicación
Neurología	<ul style="list-style-type: none"> - Enfermedad de Alzheimer - Demencias - Depresión - Epilepsia - Enfermedad de Párkinson - Disfunciones post-neurocirugía - Rehabilitación - Recuperación tras un Ictus
Psiquiatría	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas de ansiedad - Problemas en la infancia - Problemas de alimentación - Problemas del estado de ánimo - Problemas de personalidad - Problemas relacionados con sustancias - Esquizofrenia
Psicología/Educación	<ul style="list-style-type: none"> - Atención - Percepción corporal - Comprensión - Problemas del desarrollo - Psicología del desarrollo - Emoción - Conectividad funcional - Diferencias de género - Lenguaje - Memoria - Percepción - Razonamiento - Cognición social
Investigación básica	<ul style="list-style-type: none"> - Interfaz cerebro-ordenador - Fusión - Neuroergonomía - Dolor - Sueño - Ciencias del deporte

1.2. Personalidad y conducta

1.2.1. Concepto, origen y etimología

La personalidad es un constructo que Allport, considerado el padre de la teoría moderna de la personalidad, definió como *“Una organización dinámica dentro del individuo de aquellos sistemas psicofísicos que determinan el ajuste propio a su ambiente”* (Allport, 1937, p.48). La personalidad es universal, con efectos escasos de la cultura y junto con la inteligencia se consideran dos variables psicológicas fundamentales en la adaptación de los individuos. Los diferentes rasgos de personalidad son comunes en todos los individuos, pero cada persona conforma una combinación única de estos rasgos, lo que define la individualidad. Es posible diferenciar ciertos rasgos constantes en el tiempo que condicionan y ayudan a prever la conducta de un individuo. En estos rasgos estables se fundamentará el estudio de la disciplina conocida como *Psicología de la Personalidad*. Otros autores relevantes en el estudio de la personalidad propusieron definiciones más recientes que se refieren a continuación:

Hans Eysenck (1947, p.23) describió la personalidad como: *“La suma total de los patrones de conducta actuales o potenciales de un organismo, determinados por la herencia y el ambiente y que se originan y desarrollan mediante la interacción del sector conativo, afectivo y somático”*.

Según Maddi (1989, p.8): *“La personalidad es un conjunto estable de características y tendencias que determinan los puntos en común y las diferencias en el comportamiento psicológico (pensamientos, sentimientos y acciones) de las personas, que tienen continuidad en el tiempo y que no pueden explicarse fácilmente como el único resultado de las presiones sociales y biológicas del momento”*.

Todas estas definiciones consideran la personalidad asociada a la existencia de patrones individualizados que se relacionan con un comportamiento determinado en situaciones similares. Estos patrones

servirán para entender mejor el comportamiento humano y ayudar a predecir la conducta futura. En psicología, la personalidad suele hacer referencia al cúmulo de emociones, cogniciones y conductas que determinan el comportamiento de una persona. Es la forma en la que sentimos, pensamos o nos comportamos. Todos estos procesos interaccionan y se autorregulan, formando un sistema dinámico.

Allport (1937) diferenció dos grandes modos de enfocar el estudio de la personalidad, el nomotético y el ideográfico. El término nomotético viene del griego "nomos", que significa "ley". La perspectiva nomotética busca, por lo tanto, comprender los conceptos generales que pueden ser aplicados a todas las personas, como por ejemplo la definición del concepto Neuroticismo. Por su parte, el origen de "ideográfico" es "idio", también de origen griego, siendo su significado "propio" o "privado". En consecuencia, el enfoque ideográfico estudiará los aspectos únicos de un individuo específico, es decir, sus rasgos particulares.

El origen exacto de término personalidad no tiene unas raíces semánticas claras. Allport (1937) fue el primero en investigar el origen del término. El origen etimológico del vocablo "personalidad" podría provenir de la palabra latina "persona", cuyo significado sería el de máscara, más concretamente se refería a la máscara utilizada por los actores en una representación ("per-sonare": a través de la que suena la voz). En base a este origen la personalidad se referirá a nuestras características externas visibles, a la imagen que damos a los demás. Otro de los posibles orígenes del término sería del etrusco "phersu" (un espíritu diabólico representado con una máscara). "Phersu" podría tener su origen en el término griego "prosopon", también referido a la máscara de los intérpretes y más tarde a los mismos actores. En todos estos orígenes destaca el punto común de la noción de adopción de un rol (personaje). Cuando hablamos de personalidad estamos, sin duda, hablando de algo más que la imagen que damos a los demás, nos estamos refiriendo a multitud de cualidades subjetivas, sociales y emocionales. Algunas de estas cualidades serán visibles directamente desde

el exterior, mientras que otras pueden ser más sutiles, pero todas ellas formarán parte de aquello que conocemos como personalidad (Allport, 1937).

1.2.2. Modelos de personalidad

La primera aproximación a la clasificación de la personalidad humana la encontramos en la Grecia clásica, con la Teoría de los Cuatro Humores (Colérico, Melancólico, Sanguíneo y Flemático) desarrollada en el campo de la medicina por Hipócrates (460–370 a.e.c.). En ella se plantea que el temperamento humano (equiparable a la personalidad en su aspecto más innato) estaba relacionado con los cuatro humores dentro del organismo. Más información histórica sobre la teoría de los humores de Hipócrates puede obtenerse en: *The Legacy of the Hippocratic Treatise the Nature of Man: The Theory of the Four Humours* (Jouanna, 2012).

A lo largo de la historia, partiendo de la Grecia clásica, se han formulado muchos y a veces contradictorios modelos para el estudio de la personalidad, pero no fue hasta principios del siglo pasado que Allport conceptualizó la personalidad como disciplina científica en lo que se llamó la teoría moderna de la personalidad (Allport, 1937). Los principales modelos científicos de personalidad propuestos durante el siglo pasado pueden dividirse en dos grandes tipos: a) los provenientes de la llamada aproximación léxica y b) los modelos biológico-factoriales. A continuación hacemos una breve reseña recordatoria.

Los modelos basados en la aproximación léxica se basan en los atributos, definiciones y adjetivos usados en el lenguaje cotidiano para describir rasgos o disposiciones de conducta (Goldberg, 1982; John, Angleitner y Ostendorf, 1988). Originariamente, estos estudios se aplicaron al idioma inglés. A partir de tales descripciones o atributos del idioma se construyeron frases o ítems que sirvieron para analizar descripciones propias de la gente. Tales datos se utilizaron para ser procesados estadísticamente y así generar, a partir de miles de adjetivos y otros términos los actuales, los

rasgos de personalidad. Estos modelos solo se utilizan para describir la personalidad, por lo que también se han llamado modelos taxonómicos, dado que solo permiten clasificar y no indagar en sus causas. En cambio, no dicen nada sobre el origen de la personalidad ni su conexión con el individuo o su naturaleza biológica o sociológica.

A partir de los años 50, a raíz de los trabajos de Eysenck, basados en las enseñanzas de Pavlov y Galton, aparecen los llamados modelos biológico-factoriales, que hipotetizan sobre posibles fundamentos biológicos de la personalidad (Eysenck, 1967). Estos modelos se fundamentan en raíces biológicas y fisiológicas para determinar qué factores forman la estructura de la personalidad. Ambos enfoques, el taxonómico y el biológico utilizan cuestionarios para definir los rasgos y dimensiones de personalidad. Por tanto tienen en común tanto el uso de cuestionarios, como los métodos para la elaboración de cuestionarios basados en el análisis factorial

El modelo de aproximación léxica (lexical approach) parte de los estudios de Allport y Odbert (1936). Trabajos que fueron retomados posteriormente por Raymond B. Cattell. No obstante, ambos estudios se pueden englobar dentro del llamado modelo de los Cinco Grandes factores de personalidad (Big Five). A partir de los años 80 del siglo pasado resurge una corriente mayoritaria en los investigadores de la personalidad, retomando el modelo de los Cinco Grandes, mientras que el modelo de Cattell va perdiendo interés en la investigación, aunque continúa utilizándose en la psicología aplicada. Dentro de los modelos biológico-factoriales podemos encontrar el modelo de Eysenck, el modelo de Gray, los Cinco Factores Alternativos de la Personalidad de Zuckerman o el modelo de Cloninger. Estos modelos, centrados en los procesos biológicos del organismo como elementos hipotéticamente causales, han supuesto un avance en el estudio de la personalidad y las diferencias individuales puesto que no solo se centran en describir sino también en explicar los fundamentos biológicos de la personalidad (Aluja, 2019).

En los siguientes apartados se describen las características de todos estos modelos y se hace una aproximación a los más representativos de cada una de las corrientes.

1.2.2.1. *Los modelos de aproximación léxica o taxonómicos*

El modelo de personalidad conocido como "aproximación léxica" se desarrolla fundamentalmente a principios del siglo XX, principalmente partiendo de los trabajos de Allport (1936). La aproximación léxica postula que los rasgos de personalidad se describen de alguna manera en el léxico, y si ese rasgo es verdaderamente importante y universal, existirán términos para referirse a él en todas las lenguas del mundo (Goldberg, 1982). En 1936, siguiendo esta aproximación, Allport y Odbert examinaron los 550.000 términos en lengua inglesa contenidos en el *Webster's New International Dictionary*, buscando aquellos términos que permitieran distinguir el comportamiento de un ser humano del de otro. Una primera revisión redujo el abanico a 18.000 palabras que podían usarse para expresar la forma de comportarse, incluyendo términos derivados de otros o de poco uso. Finalmente, la clasificación fue dividida en cuatro categorías o columnas. La primera columna incluía 4.504 palabras que podían definir algún rasgo de Personalidad. La segunda categoría se componía de 5.541 términos que referenciaban estados de ánimo temporales o actividades. Los 5.226 términos incluidos en la tercera columna eran términos que hacían referencia a juicios sociales o de conducta determinados por la influencia social. Y por último, en la cuarta categoría se incluyeron 3.682 términos mixtos que no podían catalogarse en ninguna de las anteriores.

Siguiendo los trabajos de Allport y Odbert (1936), otros muchos autores han planteado crear clasificaciones de los rasgos de personalidad en función de la taxonomía. Esto ha llevado a la construcción de diferentes modelos de personalidad basados en el léxico. A continuación, se explican los modelos más representativos dentro de esta clasificación: El Modelo de 16 Factores de Cattell y el Modelo de los Cinco Grandes o Big Five.

1.2.2.1.1. *Modelo de 16 factores de Cattell*

Raymond B. Cattell (1943) se basó en el trabajo de Allport y Odbert (1936) para crear un modelo multidimensional que fuera capaz de distinguir, ordenar y nombrar las diferencias individuales en el comportamiento humano (John y Srivastava, 1999). Diferenciándose de la perspectiva ideográfica adoptada por Allport, Cattell optó por un punto de vista nomotético, intentando definir la Personalidad a partir de factores comunes a todos los individuos (Cattell, 1973). Debido al tamaño ingente de términos catalogados por Allport y Odbert, Cattell se centró en la primera categoría de la clasificación, aquellas palabras que hacían referencia a rasgos de personalidad. Con el propósito de seleccionar aquellos términos independientes que pudieran explicar la personalidad, redujo la lista de 4.504 a solo 35 variables, eliminando más del 99% de términos de la antigua clasificación. Esta reducción fue llevada a cabo principalmente por las escasas posibilidades que había en la época de realizar análisis factoriales de tal número de variables. De esta forma Cattell utilizó estos 35 términos para realizar una serie de análisis factoriales oblicuos con los que identificó 12 factores de personalidad, los cuales acabarían formando parte de su Modelo de 16 factores (Cattell, Eber y Tatsuoka, 1970).

Para desarrollar su modelo, Cattell recogió multitud de datos que le ayudaron a distinguir estos 16 factores de personalidad. Cattell clasificó los datos recogidos en tres tipos. Datos L (de vida), datos Q (de cuestionarios) y datos T (de tests o pruebas objetivas). Los datos L o de vida se refieren a aquellos hechos de la vida que son contrastables (edad, nivel socioeconómico, nivel educativo...). Los datos Q o de cuestionarios son los datos recogidos mediante pruebas subjetivas, donde el sujeto tiene cierta posibilidad de manipular las respuestas. Y por último los datos T o de tests o pruebas objetivas son aquellos recabados mediante pruebas en las que la persona no es consciente de la relación entre su respuesta y la característica que se está midiendo, por lo que tiene menor posibilidad de manipular los resultados.

Los 16 factores principales que forman el modelo definitivo de Cattell son: Afectividad, Razonamiento, Estabilidad, Dominancia, Impulsividad, Conformidad grupal, Atrevimiento, Sensibilidad, Suspiciousidad, Imaginación, Astucia, Culpabilidad, Rebeldía, Autosuficiencia, Autocontrol y Tensión. Más adelante se identificaron cinco factores que englobarían a estos 16 previamente diferenciados, Cattell se referiría a ellos como factores globales (Cattell, 1946). Estos cinco factores son: Extraversión, Ansiedad/Neuroticismo, Dureza, Independencia y Autocontrol. El modelo de Cattell está considerado por muchos como uno de los principales precursores del Modelo de Cinco Grandes Factores o *Big Five* (Primi, Ferreira-Rodrigues y Carvalho, 2014).

Tabla 3

Principales cuestionarios basados en el modelo de 16 factores de Cattell

Instrumento	Autores	Características
Cuestionario de personalidad para preescolares: PSPQ	Lichtenstein, Dreger y Cattell (1986)	Para sujetos de entre 4 y 6 años.
Cuestionario factorial de personalidad: ESPQ	Coan y Cattell (1959, 1966)	Para sujetos de entre 6 y 8 años.
Cuestionario de personalidad para niños: CPQ	Porter y Cattell (1963, 1985)	Para sujetos de entre 8 y 12 años. Dividido en dos partes.
Cuestionario de personalidad para adolescentes: HSPQ	Cattell, Coan y Beloff (1958)	Para sujetos de entre 12 y 18 años
Cuestionario de dieciséis factores de personalidad: 16PF.	Cattell (1949)	Cuestionario original de 16 factores
Cuestionario de dieciséis factores de personalidad, versión 5: 16PF-5	Cattell, Cattell y Cattell (1993)	Quinta edición del cuestionario original de 16 factores
Cuestionario de análisis clínico (CAQ)	Krug (1980)	Análisis de conductas psicopatológicas, complemento del 16PF

Cattell partió de la identificación de estos 16 factores principales de personalidad y de los cinco factores globales para desarrollar un instrumento que pudiera aportar una medida cuantitativa de estos rasgos (Cattell, 1949). Con esta finalidad se construyó uno de los instrumentos más utilizados en la evaluación de la personalidad, el 16PF. Desde su primera versión, este instrumento ha pasado por cuatro grandes revisiones, la más reciente ha dado paso al 16-PF-5, utilizado en la actualidad (Cattell, Cattell y Cattell, 1993). Poco después se adaptaría esta última versión para su administración en otros países, entre ellos España (Russell y Karol, 1995). A lo largo de los años han ido apareciendo distintos instrumentos en base al modelo desarrollado por Cattell, en la Tabla 3 se recogen algunos de los más relevantes.

1.2.2.1.2. *Modelo de los Cinco Grandes factores*

El modelo de Cinco Factores de la Personalidad (*Big Five personality Model*) propone una organización jerarquizada de la personalidad, ordenada en cinco factores: Apertura a la experiencia, Responsabilidad, Extraversión, Cordialidad y Neuroticismo. Se conoce también como el modelo de los Cinco Grandes (Big five) o modelo OCEAN, por el acrónimo formado por sus factores en inglés (Openness to experience, Conscientiousness, Extraversion, Agreeableness y Neuroticism).

Unas de las primeras propuestas acerca de un modelo de Cinco Factores de la Personalidad parte de McDougall (1932, p. 5): "*el campo de la personalidad puede beneficiarse de ser estudiado en cinco factores distinguibles y separables*". También Louis Leon Thurstone (1934, p. 13) quién, tras evaluar un análisis factorial de 60 términos, expuso que "*toda la lista de sesenta adjetivos puede ser explicada con cinco factores comunes independientes*". Thurstone había expuesto ya su premisa un año antes, en un discurso como presidente de la *American Psychological Association*. Aunque estos autores postularon principios de acuerdo a un modelo de Cinco Factores de la Personalidad, los componentes de estos modelos se

diferenciaban de los que actualmente se conocen como los Cinco Grandes factores de Personalidad.

A pesar del éxito posterior de la dirección marcada por estos autores, la propuesta no obtuvo un seguimiento inmediato (Digman, 2002). Durante algunos años, el estudio de la personalidad pasa a un segundo plano y las investigaciones centraron su interés en otros conceptos como la inteligencia. Durante estos años, distintos estudios coincidieron en remarcar cinco factores principales de personalidad (Borgatta, 1964; Norman, 1963; Norman y Goldberg, 1966; Fiske, 1949; Tupes y Christal, 1961). A pesar de ser estudios llevados a cabo de manera independiente, todos ellos coincidieron considerablemente en sus conclusiones acerca de la estructura de la personalidad (Digman, 2002). No faltarían tampoco las críticas al modelo propuesto (Mischel, 1968).

El modelo de cinco factores propuesto no obtuvo especial relevancia hasta finales de los años 70 y principios de los 80, cuando Goldberg (1982), pero principalmente Costa y McCrae (1985, 1992) apostarían por recuperar la antigua propuesta de cinco principales factores de personalidad. El término de los "Cinco grandes" o "Big Five" fue acuñado por primera vez por Goldberg (1982). Costa y McCrae, por su parte modificarían la forma de evaluar estas dimensiones de personalidad cambiando los adjetivos por frases, este hecho hizo que los cuestionarios pasaran a ser autoadministrados (Figura 14).

A lo largo de la evolución del modelo, han ido apareciendo distintos instrumentos psicométricos para cuantificar los Cinco Grandes factores de personalidad. Entre todos ellos cabe destacar el NEO-PI-R (Costa y McCrae, 2008), uno de los instrumentos más utilizados para evaluar personalidad. La primera versión de este cuestionario apareció en 1978. Subdivide los Cinco Grandes factores en seis facetas cada uno para un total de 5 factores y 30 facetas de personalidad. En su versión más actual el NEO-PI-R se compone de 240 ítems, pero también existen versiones abreviadas de este cuestionario (Aluja, García, Rossier y García, 2005).

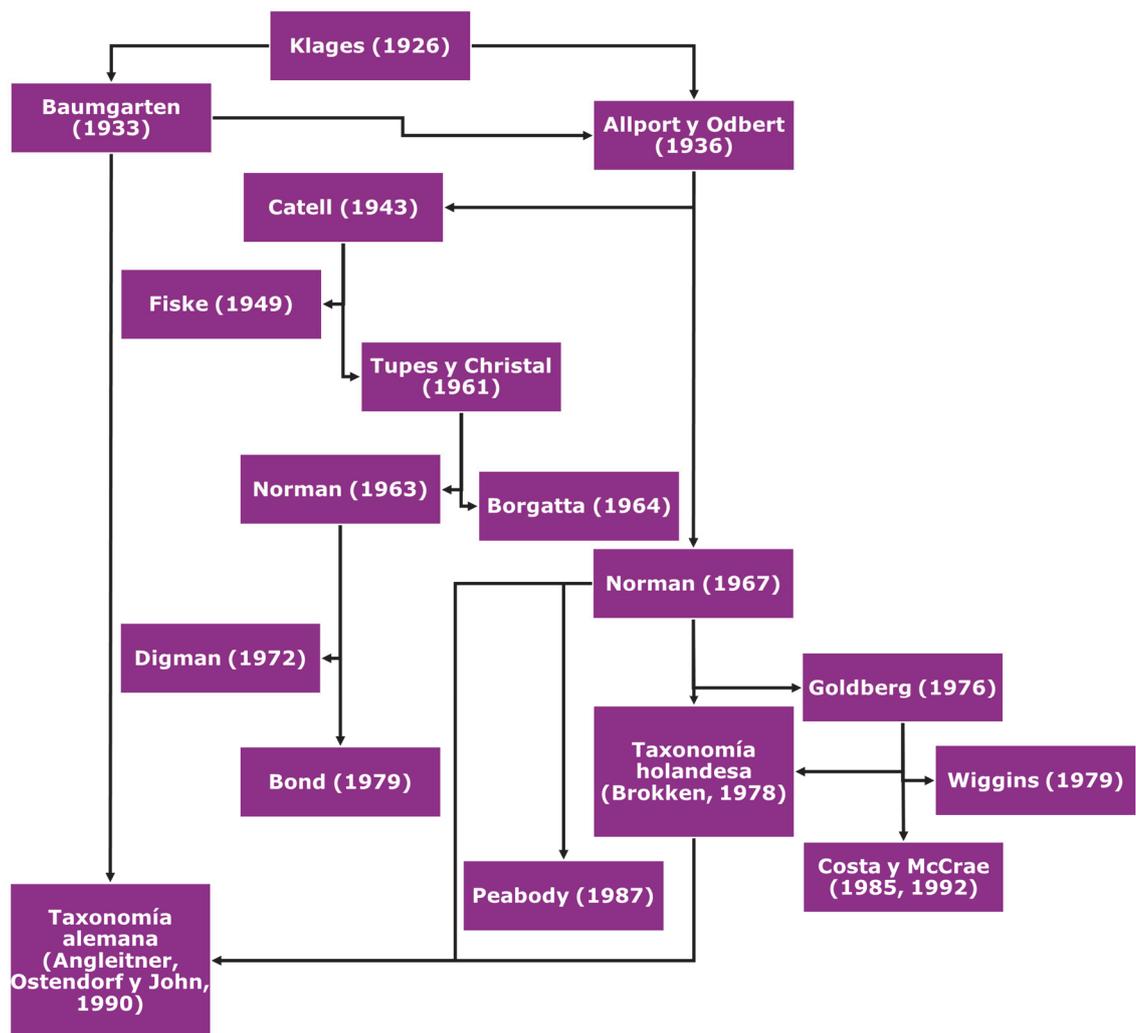


Figura 14

Evolución histórica de las propuestas del modelo de los Cinco Grandes.

Otro de los instrumentos para evaluar la personalidad en base al modelo de los Cinco Grandes factores es el Big Five Questionnaire (BFQ) (Caprara, Barbaranelli, Borgogni y Perugini, 1993). Este cuestionario evalúa cinco factores de personalidad análogos a los Cinco Grandes factores (Energía, Afabilidad, Tesón, Estabilidad emocional y Apertura mental). Presenta a su vez una escala de Distorsión para detectar posibles intentos de falsear los resultados. Su aplicación está especialmente recomendada en el ámbito de los procesos de selección de personal.

1.2.2.1.2.1. *Cerebro y los Cinco Grandes*

El Big Five es considerado un modelo taxonómico debido a que su propuesta originaria se sustenta en la explicación de los rasgos de la personalidad en base al léxico y no en sus posibles bases biológicas (Norman, 1963). Sin embargo, estudios posteriores han relacionado este modelo con bases psicobiológicas, como el volumen de áreas cerebrales (DeYoung et al., 2010; Nostro, Müller, Reid y Eickhoff, 2016; Privado, Román, Saéñz-Urturi, Burgaleta y Colom, 2017), la estructura cortical (Schultz et al., 2017), la conectividad cerebral (Ueda et al., 2018) la activación ante diferentes estímulos (Canli et al., 2001) o la activación de la Red por defecto (DMN) (Sampaio, Soares, Coutinho, Sousa y Gonçalves, 2014).

Los rasgos del Big Five que más se ha asociado a procesos con base biológica son la Extraversión y el Neuroticismo (Clark y Watson, 2008). Canli y colaboradores (2001) estudiaron las relaciones de estas dos dimensiones con activaciones cerebrales ante diferentes estímulos emocionales. La Extraversión mostró correlaciones con activaciones ante estímulos de valencia positiva, mientras que el Neuroticismo mostró patrones de correlación ante estímulos negativos.

En relación a los estudios previamente mencionados, Privado y colaboradores (2017) presentaron recientemente resultados asociando las estructuras de materia blanca y materia gris con las distintas variables de personalidad incluidas en el modelo de los Cinco Grandes. La medida del volumen de estas estructuras se realizó mediante una imagen por resonancia magnética, con un escáner de 3 teslas. Entre los resultados más relevantes de este estudio destaca la correlación entre la Apertura y la integridad de la materia blanca en las conexiones de regiones anteriores y posteriores. Este resultado resulta significativo en cuanto a que, dentro del modelo de los Cinco Grandes, la variable de personalidad de apertura ha sido la más relacionada con procesos cognitivos. Otras de las correlaciones significativas obtenidas relacionaban las dimensiones de Neuroticismo y Extraversión con variaciones en clusters concretos de materia gris. Concretamente la dimensión de

Neuroticismo se relacionó con el grosor a nivel cortical. Por su parte, la dimensión de Extraversión se relacionó con variaciones en el volumen de la corteza occipital.

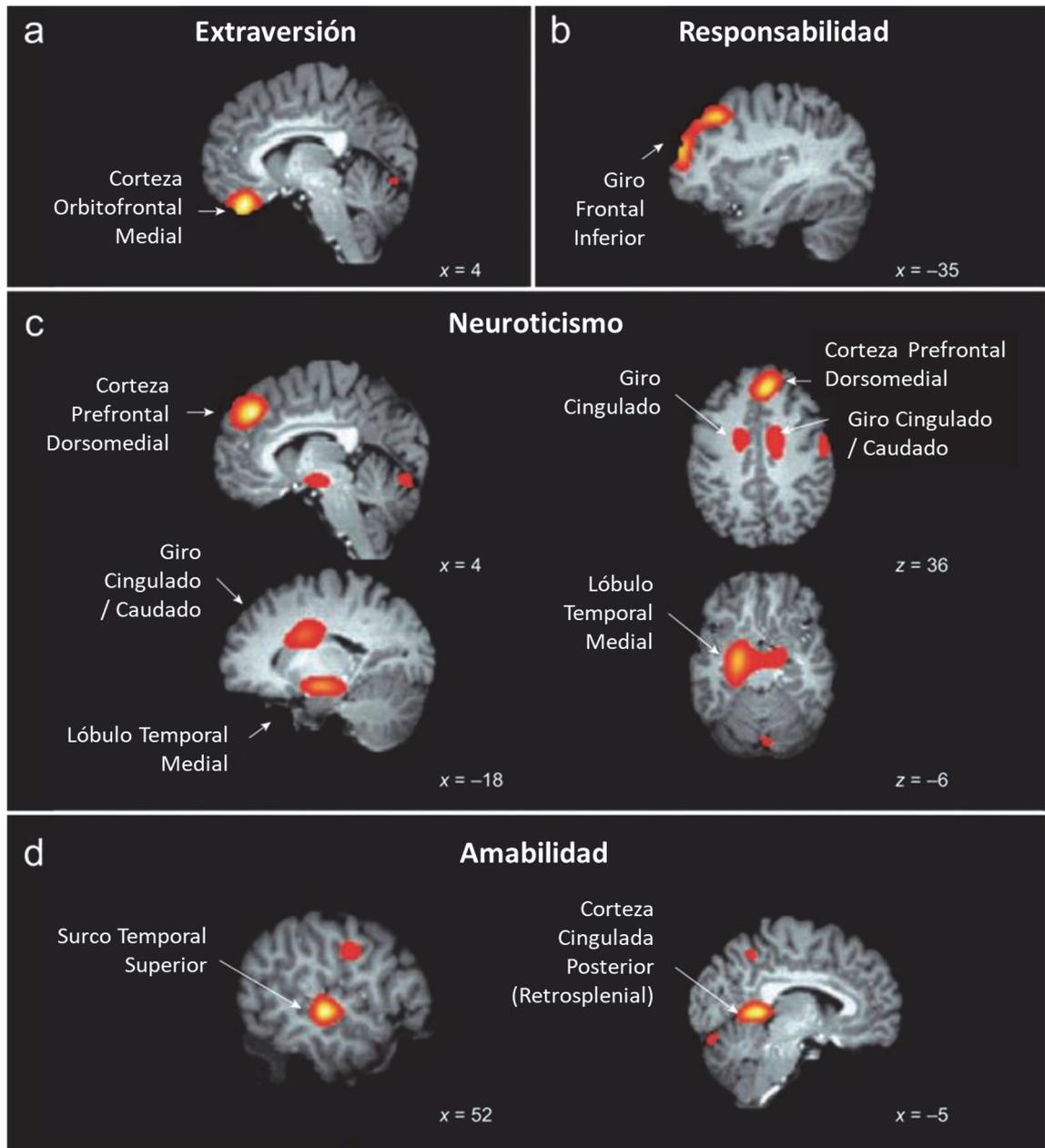


Figura 15

Áreas cerebrales cuyo volumen se asoció a las dimensiones de personalidad del Big Five (Adaptado de DeYoung et al., 2010)

También relacionando los Cinco Grandes factores de personalidad con volúmenes de estructuras cerebrales ha trabajado Colin G. DeYoung, uno de los neurocientíficos que más ampliamente han estudiado la relación del modelo de los Cinco Grandes y variables del sistema nervioso central. DeYoung y colaboradores (2010) mostraron relaciones entre el volumen de determinadas áreas cerebrales con las puntuaciones en los rasgos de personalidad del Big Five. En su estudio registraron una imagen estructural del cerebro de los participantes mediante resonancia magnética, así como sus puntuaciones en las cinco dimensiones del modelo. Los resultados mostraron que la Extraversión estaba relacionada directamente con el volumen de la corteza orbitofrontal medial, un área relacionada con el procesamiento emocional y la recompensa. Por su parte el Neuroticismo se relacionó con áreas asociadas a sistemas de amenaza y castigo. La Amabilidad con áreas frontales involucradas en el procesamiento de la información y la empatía. La Responsabilidad con el volumen de la corteza prefrontal lateral, relacionada con la planificación y el control consciente del comportamiento. La Figura 15 muestra las áreas cerebrales cuyo volumen se asoció a las dimensiones de personalidad del Big Five (a) Extraversión, (b) Responsabilidad, (c) Neuroticismo, y (d) Amabilidad. Las coordenadas indican la posición del corte, el color indica el tamaño del efecto (mayor=más claro; menor=más oscuro).

1.2.2.2. *Los modelos biológico-factoriales*

En los años 50, Eysenck propuso por primera vez que la personalidad humana tenía una base biológica centrada en distintas estructuras cerebrales. Estudios psicofisiológicos, con distintas drogas como los barbitúricos y estimulantes empezaron a aportar evidencias sobre estas bases biológicas hipotéticas, inicialmente centradas en el papel de la formación reticular (Extraversión) y el sistema límbico (Neuroticismo) (Eysenck, 1990). Posteriormente Gray (1970) reformuló el modelo de Eysenck analizando el cerebro de animales y proponiendo un modelo sobre la ansiedad e impulsividad en función de los sistemas cerebrales de castigo y refuerzo. Zuckerman (1995) aportó también datos sobre los fundamentos biológicos

de la personalidad y Cloninger (1986) formuló una teoría sobre la relación de la personalidad y la bioquímica cerebral.

Los modelos biológico-factoriales se basan en que los rasgos básicos de personalidad están definidos en base a estructuras y mecanismos del organismo (Zuckerman, 1995). Estos modelos parten de la premisa que la conducta humana está estrechamente relacionada con los procesos biológicos. Debido a ello, enfatizan el valor de los componentes genéticos y, por tanto, hereditarios. Los modelos biológico-factoriales parten de la propuesta de Eysenck o modelo PEN (Psicoticismo, Extraversión, Neuroticismo). La teoría de Eysenck es aceptada como uno de modelos de referencia dentro del estudio de la personalidad. A partir de esta teoría, otros autores han ido construyendo nuevas propuestas tomando como base los mecanismos biológicos que subyacerán a la personalidad humana.

En base al modelo de Eysenck, Gray (1970) construyó su modelo conceptualizando las dimensiones de ansiedad e impulsividad a partir de los rasgos ortogonales de Neuroticismo y Extraversión propuestos por Eysenck. El modelo de Gray se fundamenta en observaciones conductuales experimentales y está centrado en los procesos de refuerzo y castigo. Posteriormente Zuckerman propone un modelo monorasgo basado en la Búsqueda de Sensaciones, con importantes evidencias biológicas. Este modelo se expandió a 5 factores (modelo de los Cinco Factores Alternativos de la Personalidad) a partir de 1993. Este modelo nace a partir de los análisis de diferentes escalas de personalidad y temperamento, junto con evidencias empíricas a nivel biológico (Zuckerman, Kuhlman, Thornquist y Kiers, 1991). Dentro de los modelos biológicos de la personalidad también es de especial relevancia la propuesta de Cloninger, Svrakic, y Przybeck (1998) basada en los neurotransmisores. En este modelo se recoge una teoría de la personalidad con bases psicobiológicas que incluye cuatro dimensiones de temperamento y tres dimensiones de carácter. A lo largo de los siguientes puntos de este documento se hará un repaso a estos cuatro modelos con fuerte base biológica, con especial énfasis en la propuesta de los Cinco Factores Alternativos de Zuckerman.

1.2.2.2.1. Modelo de personalidad de Eysenck

La teoría de Eysenck sirve como punto de partida para entender la mayoría de modelos biológicos actuales de Personalidad. Las propuestas de Eysenck han sido las más influyentes dentro de estos modelos. La literatura científica presenta multitud de artículos acerca de sus teorías y muchas de sus premisas son aceptadas por gran parte de la comunidad científica. A pesar de sus fuertes vínculos con la biología, los postulados descritos por el modelo de Eysenck tenían una base teórica, puesto que en el momento de aparecer esta teoría no existían resultados experimentales que sustentaran un modelo de personalidad basado en factores orgánicos. Eysenck creía que la personalidad venía determinada por el componente biológico y genético, y se refirió a este aspecto como temperamento (Eysenck, 1967). Utilizando el método de análisis factorial, Eysenck extrajo los componentes principales de la personalidad o dimensiones. La propuesta inicial de Eysenck defendía que la personalidad podía medirse a través de dos dimensiones Extraversión-Introversión y Neuroticismo-Estabilidad (Figura 16).

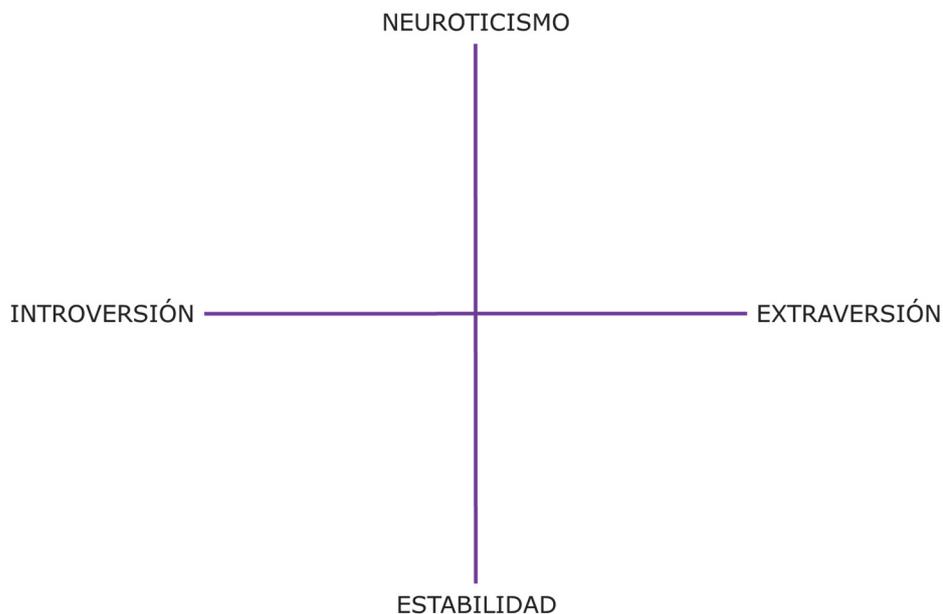


Figura 16

Modelo inicial de 2 factores ortogonales de Eysenck

En esta estructura bifactorial cada una de estas dimensiones estarían representadas a través de un continuo y presentarían unos rasgos determinados. Las personas más extrovertidas serían más abiertas y sociables, mientras que las introvertidas presentarían una conducta más callada y tímida. Para Eysenck la Extraversión estará relacionada con los niveles de excitación a nivel cortical a través del sistema de activación reticular ascendente (SARA) (Eysenck, 1967). Por su parte, las personas neuróticas serían ansiosas y fácilmente enojables, por el contrario, las personas más estables se mostrarían más recogidas y calmadas. Eysenck hipotetizó que las personas altas en Neuroticismo presentarían una sobreactivación del sistema nervioso simpático y serían más propensos a padecer trastornos neuróticos. A nivel cerebral, el Neuroticismo estaría relacionado con la actividad del sistema límbico

Más adelante Eysenck y Eysenck (1976) ampliarían su modelo y añadirían una tercera dimensión, el Psicoticismo. Las personas con unas puntuaciones altas en Psicoticismo serían frías, poco empáticas y agresivas. Unas puntuaciones extremas en esta dimensión correlacionan con la posibilidad de involucrarse en conductas criminales (Bishop, 1997). El extremo opuesto de la dimensión de Psicoticismo sería el control de impulsos o autocontrol, serían personas muy sociables, empáticas y altruistas. Según Eysenck (1997) el alto Psicoticismo estaría relacionado con una sobreactivación de las vías dopaminérgicas y con unos altos niveles de andrógenos (Huber, Tettenborn, Leifke y Emrich, 2005). Las dimensiones de Psicoticismo, Extraversión y Neuroticismo formarán el modelo definitivo de Eysenck o modelo PEN (1991). El modelo está conceptualizado desde una organización escalonada, donde cada una de estas tres dimensiones o Super-Rasgos se encuentran en la cima de su propia estructura jerárquica (Figura 17). En el segundo nivel de cada una de estas estructuras se encontrarán los rasgos de personalidad relacionados con cada una de las tres dimensiones (P.e. agresividad, timidez, empatía...). Debajo de los rasgos se definirán las respuestas habituales de cada persona, es decir, la forma en la que tiende a actuar cada uno (P.e. pelear, huir, charlar...). Y, por último, en el escalón más

bajo de esta estructura se situarán las respuestas específicas, esto es, conductas concretas en una situación determinada.

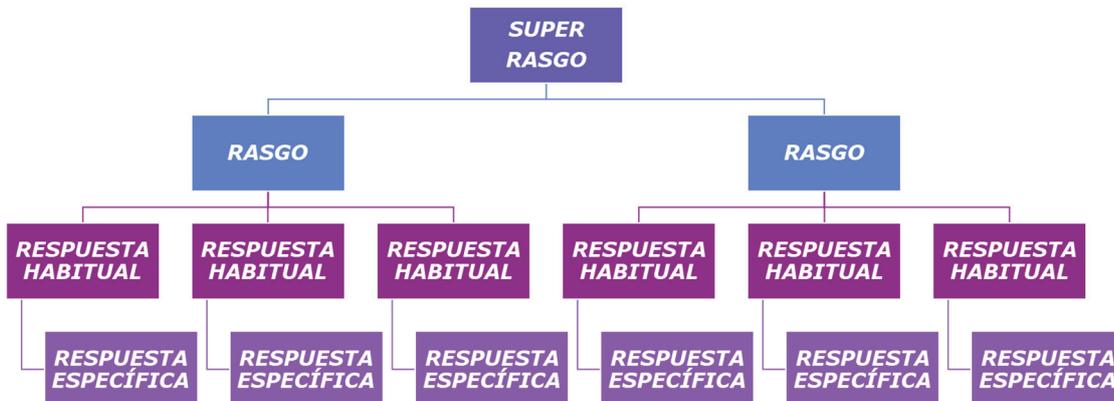


Figura 17

Estructura jerárquica del modelo de Eysenck

Eysenck propuso su "teoría de la criminalidad" para intentar explicar los comportamientos sociales desajustados en base a las dimensiones de personalidad de su modelo (Eysenck, 1964). La alta Extraversión se relacionaría con personas que buscan un alto grado de estimulación ambiental, asociado a su activación de su sistema nervioso central y periférico. Esta necesidad de estimulación ambiental se debería a que estas personas presentarían un nivel basal de arousal bajo y, por lo tanto, necesitarían de una mayor excitación para llegar a unos niveles óptimos de activación. Esta necesidad de activación ambiental podría asimismo conllevar a cometer actos criminales. Las personas altas en Neuroticismo presentarían una baja estabilidad emocional y podrían ser más propensos a reaccionar de formas exageradas y descontroladas, este hecho podría también relacionarse con conductas delictivas. Más adelante, Eysenck introduciría la dimensión de Psicoticismo, relacionada con comportamientos antisociales, ofensivos y agresivos. Eysenck propondría que aquellos individuos que presentaran puntuaciones altas en estas tres dimensiones serían más propensos a llevar a cabo conductas criminales (Eysenck, 1979).

El primer instrumento creado para cuantificar los valores de las dimensiones del modelo de Eysenck fue el Maudsley Personality Inventory (Jensen, 1958). Este instrumento medía las dimensiones de Neuroticismo y Extraversión a través de 24 ítems para cada una, además de 12 ítems para la escala L de mentiras y 10 ítems que servían para ocultar al sujeto el objetivo del cuestionario. Más adelante, e incluyendo ya la dimensión de Psicoticismo, se elaboró el Eysenck Personality Questionnaire (EPQ) (Eysenck y Eysenck, 1975), y posteriormente su versión revisada (EPQ-R) (Eysenck, Eysenck y Barrett, 1985; Eysenck y Eysenck, 1994) con la finalidad de mejorar su estructura y fiabilidad, principalmente en la escala de Psicoticismo, donde la versión original presentaba algunos problemas. Existen adaptaciones de esta escala a diferentes idiomas, entre ellos el castellano (Aguilar, Tous y Andrés-Pueyo, 1990; Aluja, García y García, 2003).

1.2.2.2.1.1. *Cerebro y modelo de la personalidad de Eysenck*

Como modelo primario basado en bases biológicas, muchos resultados de la literatura neurocientífica apoyan las tesis del modelo de Eysenck (Eisenberger, Lieberman, y Satpute, 2005; Kumari, Antonova, y Geyer, 2008; Lu et al., 2014; Zou, Su, Qi, Zheng, y Wang, 2018). En una reciente revisión Mitchell y Kumari (2016) recogen resultados de estudios de resonancia magnética con el modelo de Eysenck. Los autores observan una consistencia en los resultados entre la dimensión Neuroticismo y áreas relacionadas con el procesamiento emocional, principalmente áreas del sistema límbico y áreas corticales asociadas a procesos de regulación emocional. Aunque menos comunes, también observan estabilidad entre la dimensión Extraversión y los sistemas corticales de activación. Todos estos resultados son coherentes con los postulados de Eysenck sobre estas dimensiones (Eysenck, 1967).

Eisenberger y colaboradores (2005) también estudiaron la relación entre las activaciones cerebrales asociadas al control cognitivo y las dimensiones de Neuroticismo, Extraversión y Autoconsciencia. Para ello

realizaron una tarea oddball, en la cual se presentan una serie de estímulos irrelevantes, interrumpidos por un estímulo objetivo ante el cual el participante debe realizar alguna acción. Un mayor Neuroticismo se asoció a una activación mayor de la corteza cingulada dorsal y anterior. Estos resultados fueron interpretados como una predisposición a la detección de la discrepancia. Por su parte, la Extraversión y la Autoconsciencia se asociaron a una mayor activación de las redes frontoparietales, laterales y mediales respectivamente. Dichas activaciones laterales se asocian a una mayor focalización en la tarea, mientras que las mediales se relacionan con la atención en uno mismo. Estos resultados apoyan las tesis de Eysenck sobre las diferentes bases biológicas de cada una de las dimensiones.

Tanto las dimensiones de Extraversión, Neuroticismo como de Psicoticismo han mostrado diferencias en la activación de diferentes áreas cerebrales en función de la tarea o situación (Ettinger, Corr, Mofidi, Williams, y Kumari, 2013; Kumari, Ffytche, Williams y Gray, 2004; Kumari et al., 2008; Szameitat, Saylik, y Parton, 2016). La Figura 18 representa resultados que muestran una mayor activación en la corteza prefrontal lateral y medial en los sujetos bajos en Neuroticismo, en comparación con aquellos altos en esta dimensión. (Szameitat et al., 2016).

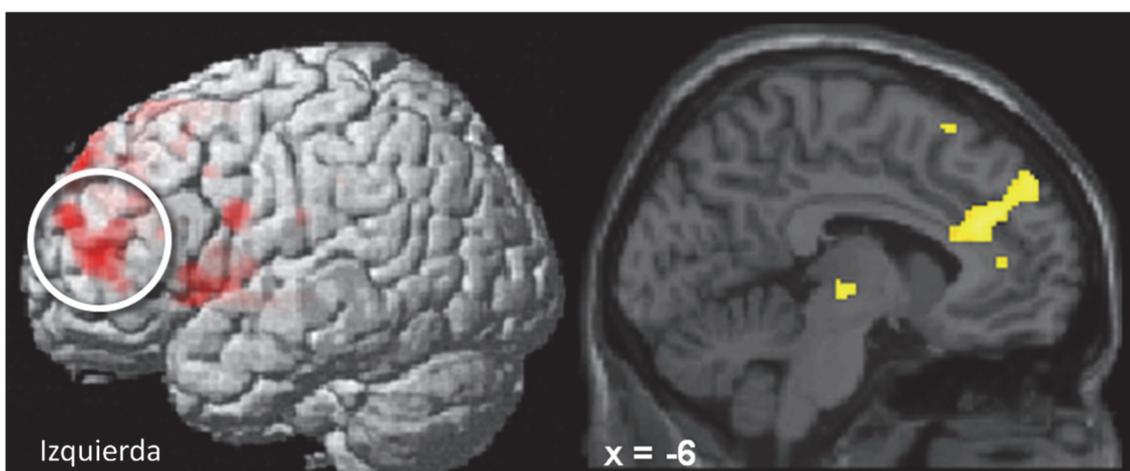


Figura 18

Activaciones cerebrales ante diferentes demandas en función del rasgo de Neuroticismo
(Adaptado de Szameitat et al., 2016)

1.2.2.2.2. *El modelo de personalidad de Gray*

Partiendo de la teoría de Eysenck, distintos autores han continuado la investigación sobre los marcadores biológicos relacionados con aspectos de la personalidad. Uno de los avances más importantes en este campo fue la propuesta de Gray (1970, 1972, 1981, 1987, 1990) sobre un modelo biológico de la personalidad que se relaciona con las dimensiones de Extraversión y Neuroticismo de Eysenck a través de su relación con los mecanismos de refuerzo y castigo. Gray propone una rotación de 45° en los ejes de estos dos factores ortogonales para definir las dimensiones de Impulsividad y Ansiedad (Figura 19). A través de este proceso, Gray propone que las dimensiones de Impulsividad y Ansiedad serán más importantes para explicar el comportamiento humano que las presentadas por Eysenck.

Gray se basó en observaciones hechas en el laboratorio en animales, para adaptar tales postulados a los modelos sobre la conducta humana. Aunque principalmente su trabajo se haya centrado en el estudio de los procesos de Ansiedad, Gray propone un modelo de Personalidad más amplio y que ha ido evolucionando a lo largo del tiempo, existen distintas revisiones teóricas acerca de sus propuestas (Bijttebier, Beck, Claes y Vandereycken, 2009; Corr, 2004; Walker, Jackson y Frost, 2017).

La teoría neuropsicológica de la personalidad propuesta por Gray es también conocida como la Teoría de Sensibilidad al Reforzamiento (Reinforcement Sensitivity Theory o RST) (Corr, 2004; Gray, 1982). La RST basa sus propuestas en los modelos pavlovianos de aprendizaje, uniendo los conceptos de excitación-inhibición con propuestas más comunes en las culturas occidentales de la época como las ideas de arousal y activación (Pickering, 1997). Gray relacionará las teorías conocidas sobre aprendizaje y reforzamiento con los descubrimientos sobre las bases neurobiológicas de los mecanismos de refuerzo y castigo, destacando la importancia de la biología en el estudio de la personalidad (Gray, 1972).

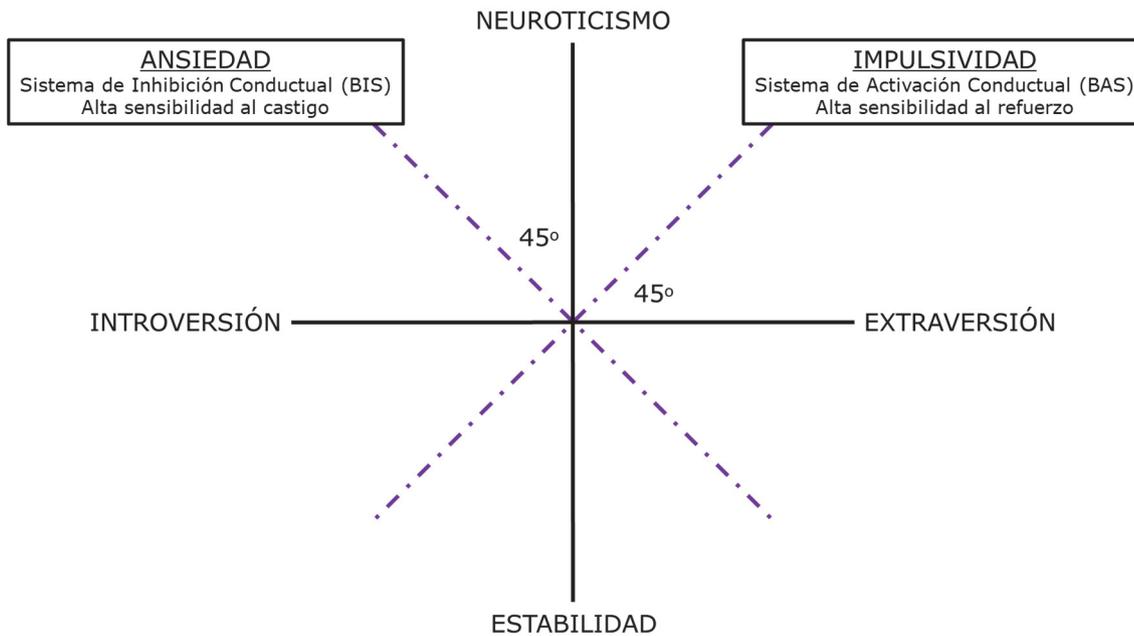


Figura 19

Representación gráfica del modelo de personalidad de Gray

La primera propuesta del modelo, hecha por Gray data de 1970, con la publicación de una teoría psicofisiológica alternativa a la propuesta eysenckiana de la dimensión Introversión-Extraversión (Gray, 1970). El modelo de Gray incluye un factor de Sensibilidad al Refuerzo (SR) y un factor de Sensibilidad al Castigo (SC). Relacionándolos con rasgos de personalidad, aquellos individuos con puntuaciones más altas en Impulsividad serán más sensibles al reforzamiento que aquellos que puntúen bajo en esta dimensión. Por otro lado, las puntuaciones altas en Ansiedad se relacionarán con sistemas más sensibles al castigo, por lo tanto, las personas bajas en el rasgo de Ansiedad serán menos susceptibles a este mecanismo (Corr, 2008). El instrumento Sensivity to Punishment and Sensivity to Reward Questionnaire (SPSRQ) (Torrubia, Ávila, Moltó y Caseras, 2001) mide las puntuaciones en estos dos factores.

El modelo de Gray propone la existencia de tres sistemas cerebrales independientes, el Sistema de Activación Conductual (Behavioral Activation System, BAS), el Sistema de Inhibición Conductual (Behavioral Inhibition System, BIS) y, en una posterior revisión del modelo, se añadió el Sistema

de Lucha/Huida/Parálisis (Fight/Flight/Freeze System, FFFS) (DeYoung, 2010). Los sistemas biológico-motivacionales relacionados con los rasgos de SR y SC serían el BAS y el BIS, respectivamente. Ambos sistemas, así como los rasgos de SR y SC formarían dimensiones ortogonales y, por lo tanto, funcionarían como mecanismos independientes dentro de cada individuo.

Por un lado, el BAS actuaría como un sistema de aproximación o acercamiento a señales que indiquen una posible recompensa, se activaría por tanto por incentivos o estímulos condicionados a una recompensa. Por lo tanto, el BAS sería la base del rasgo de Impulsividad (Corr, 2008). Las principales estructuras corticales involucradas en este proceso son las relacionadas con los mecanismos de recompensa como las vías dopaminérgicas del sistema mesolímbico, con especial relevancia del núcleo accumbens (Corr, 2008). Existen dos tipos de conductas diferenciadas relacionadas con el sistema BAS, por un parte la aproximación a estímulos apetitivos, y por otra el comportamiento instrumental para evitar posibles efectos de un castigo (evitación activa) (Pascual-Nicolás, Pascual-Nicolás, Redondo-Delgado y Pérez-Nieto, 2014).

Por otro lado, el BIS respondería a los estímulos amenazantes o señales de castigo, inhibiendo la conducta para evitar posibles daños e incrementando la atención hacia los estímulos ambientales (Pascual-Nicolás et al., 2014). Por lo tanto, el BIS estaría relacionado con el rasgo de Ansiedad de las personas (Corr, 2008). Las bases biológicas cerebrales del BIS incluyen el sistema septo-hipocampal, sus aferencias monoaminérgicas del troncoencéfalo y sus proyecciones hacia la corteza prefrontal. A nivel fisiológico también estará relacionado con una sobreactivación de la rama Simpática del Sistema Nervioso Autónomo (Fowles, 1980).

Por último, el FFFS sería un sistema defensivo de activación rápida. Este sistema deriva de la propuesta inicial de respuesta *fight/flight* de Walter Cannon (1929). Este sistema se activaría ante la percepción de una posible amenaza y se adapta según la respuesta que sea adecuada en cada momento. La lucha prepara al organismo para hacer frente a la amenaza

enfrentándose a ella. Por su parte, la respuesta de huida es similar en cuanto a activación autonómica, pero en este caso la finalidad será la de escapar de la situación amenazante. Por último, la reacción de parálisis, aunque a nivel externo pueda parecer una respuesta pasiva, no será tal, pues constituye un freno activo de la acción para focalizar la percepción y prepararse para actuar (Roelofs, 2017). Mientras que las respuestas de lucha/huida se relacionan con una activación autónoma del sistema nervioso simpático, la reacción de parálisis o inhibición conductual se relaciona con una activación parasimpática. Todas estas respuestas generalmente son previas a la percepción consciente de la amenaza y se activan a través de conexiones directas con el sistema límbico (LeDoux, 1996).

Tabla 4

Índices de bondad de ajuste para los cinco principales cuestionarios utilizados para medir las dimensiones del modelo de Gray y ajuste para diferentes propuestas dentro del modelo (Adaptada de Krupić, Corr, Ručević, Križanić, y Gračanin, 2016)

	χ^2 (gl)	CFI	RMSEA	AIC
<i>Cuestionarios</i>				
BIS/BAS Scales (Carver y White, 1994)	592.03** (164)	.949	.056	-
SPSRQ-20 (Aluja y Blanch, 2011)	386.89** (169)	.944	.040	-
Jackson 5 (Jackson, 2009)	1519.45** (395)	.931	.059	-
RSQ (Smederevac et al., 2014)	1198.70** (367)	.946	.053	-
RST-PQ (Corr y Cooper, 2016)	6898.90** (2000)	.931	.055	-
<i>Modelos</i>				
BAS, BIS y FFFS	4737.90** (227)	.82	.156	4283.90
BAS, BIS, Flight/Freeze y Fight (separada)	2724.81** (203)	.90	.123	2318.08
BAS, BIS y Flight/Freeze	2377.82** (203)	.91	.114	1971.82
BAS de orden superior, BIS, Flight/Freeze y Fight	1594.78** (176)	.86	.099	1704.78
Cuatro separadas: Subescalas BAS, BIS, Flight/Freeze y Fight	1376.42** (185)	.89	.089	1512.42
Cuatro separadas: Subescalas BAS, BIS, Flight/Freeze y Fight (-SR)	1254.54** (165)	.90	.090	1386.54
Cuatro separadas: Subescalas BAS, BIS, Flight/Freeze y Fight (-FS)	1168.19** (165)	.90	.086	1300.19

** $p < 0.01$.

Los instrumentos utilizados para evaluar los rasgos propuestos por esta teoría han ido evolucionando, adaptándose a las modificaciones aplicadas al modelo desde su propuesta original. Krupic y colaboradores (2016) presentan una comparación entre cinco de los cuestionarios utilizados en la literatura sobre el modelo de Gray. En la Tabla 4 se recogen los estadísticos comparados de estas cinco medidas y cómo se adaptan a las diferentes variaciones del modelo de Gray.

1.2.2.2.2.1. *Cerebro y modelo de la personalidad de Gray*

La Teoría de Sensibilidad al Reforzamiento propuesta por Gray ha recibido gran atención por parte de las investigaciones en neurociencia. Identificar las bases neurales asociadas a los sistemas BAS, BIS y FFFS es uno de los intereses principales de aquellas investigaciones en neurociencia que estudian este modelo (Corr, 2010; DeYoung, 2010; Gray y Braver, 2002; Gray et al., 2005). Los investigadores han hipotetizado acerca de la relación de cada uno de estos tres modelos con distintas estructuras cerebrales.

El sistema de activación conductual se ha relacionado con activaciones en la corteza prefrontal dorsal y ventral, y el cuerpo estriado dorsal y ventral (Kennis, Rademaker y Geuze, 2013). El sistema de activación conductual comúnmente se relaciona con la activación de vías dopaminérgicas del sistema de recompensa. En consecuencia, la presencia o no de estímulos apetitivos modulará la activación de las estructuras relacionadas con este sistema (Fuentes-Claramonte et al., 2015). Por su parte, la activación del estriado dorsal ante conflictos de evitación-aproximación podría deberse a su implicación en el proceso de aprendizaje de recompensa (Barrós-Loscertales, 2007). Asimismo, las puntuaciones en BAS se han relacionado negativamente con el volumen de la corteza estriada (Ávila, Parcet y Barrós-Loscertales, 2008).

El sistema de inhibición conductual se ha asociado a activaciones de la corteza prefrontal dorsal, la corteza cingulada posterior, la amígdala y el

hipocampo (Kennis et al., 2013), así como a mayor volumen en estas estructuras (Barrós-Loscertales et al., 2006). De acuerdo a la teoría de Gray, el hipocampo sería una región que no solo estaría relacionada con la información espacial y memorística, sino que desarrollaría un papel importante en los procesos de interpretación y de detección de posibles amenazas (Gray et al., 2005). Por su parte la activación de la amígdala se ha correlacionado tanto con estímulos negativos como positivos, de acuerdo a las hipótesis que asocian esta estructura a niveles de activación más que a la valencia (Aupperle y Paulus, 2010; Davidson y Irwin, 1999).

Las estructuras relacionadas con el sistema de lucha/huida/congelación son la corteza prefrontal ventral, la corteza cingulada anterior y la amígdala. La actividad cingulada asociada a este sistema ha mostrado correlaciones con sus dimensiones de personalidad en respuesta a estímulos negativos (McNaughton y Corr, 2004). Al igual que ocurre en el sistema de inhibición conductual, la activación de la amígdala también se ha correlacionado en este sistema con la presentación de estímulos aversivos.

En la Figura 20 se destacan las áreas relacionadas con cada uno de estos sistemas [(a) Sistema de Activación Conductual (BAS); (b) Sistema de Inhibición Conductual (BIS); (c) Sistema de Lucha/Huida/Parálisis (FFFS). 1. Corteza Prefrontal Dorsal. 2. Corteza Prefrontal Ventral. 3. Corteza Cingulada Anterior. 4. Corteza Cingulada Posterior. 5. Amígdala. 6. Hipocampo. 7. Cuerpo Estriado Dorsal y Ventral].

La conclusión general de las relaciones entre los sistemas propuestos por Gray y determinadas estructuras cerebrales apunta hacia la activación de mecanismos distintos para cada uno de estos sistemas. Esto defendería la posibilidad de la existencia de sistemas independientes, cuyo funcionamiento podría ser independiente de los demás procesos. Una persona podría presentar, por lo tanto, respuestas altas o bajas de un tipo de sistema sin necesidad que los otros mecanismos mostraran una funcionalidad determinada.

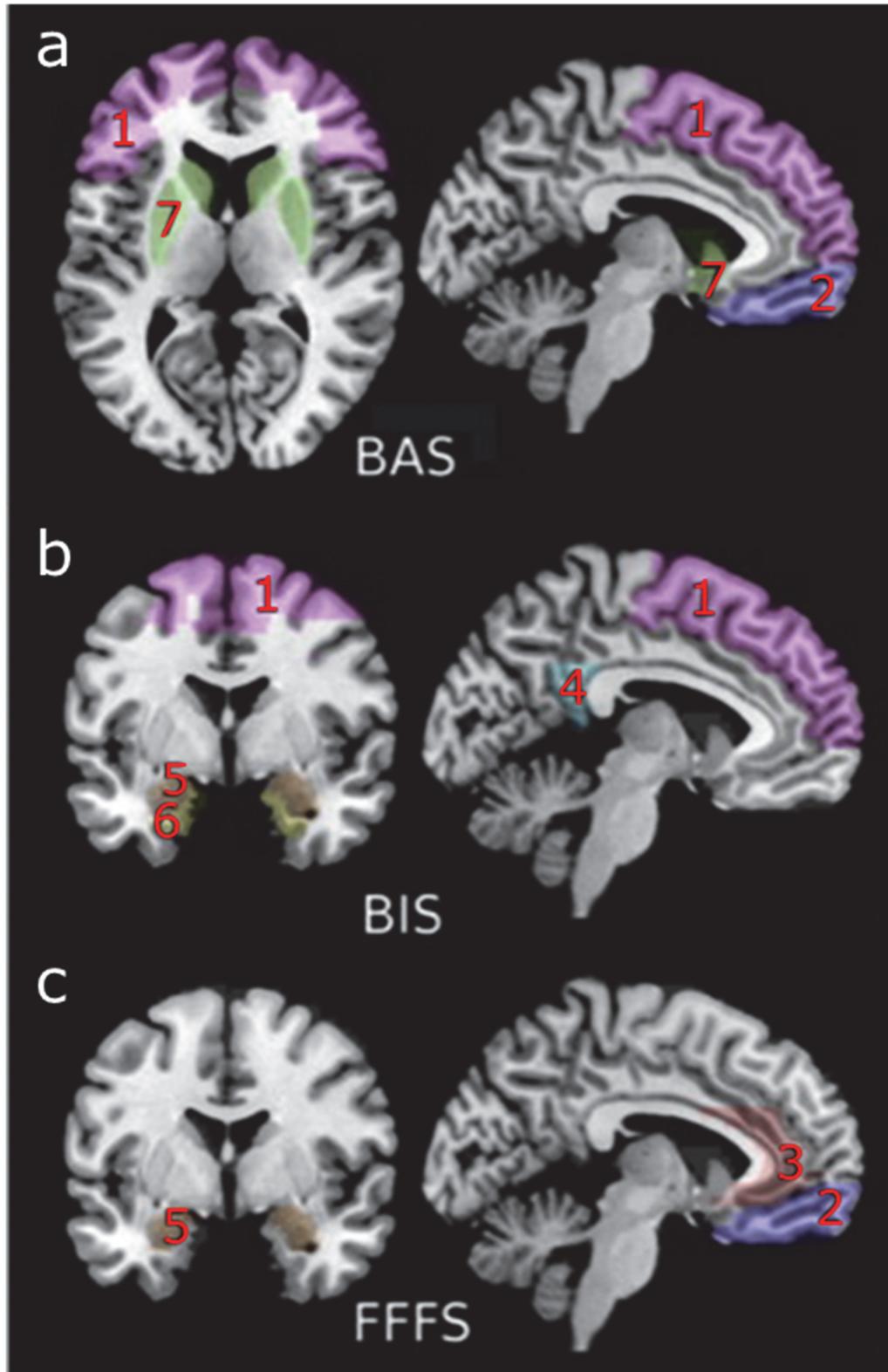


Figura 20

Áreas cerebrales relacionadas con cada uno de los sistemas de la Teoría de Sensibilidad al Reforzamiento de Gray (Adaptado de Kennis et al., 2013)

1.2.2.2.3. *Modelo de personalidad de Zuckerman*

Marvin Zuckerman ha sido otro de los autores que han desarrollado un modelo para el estudio de la personalidad en la línea de las propuestas biológico-factoriales de Eysenck. Su modelo se explica originariamente en base al rasgo *Búsqueda de Sensaciones*. Los estudios sobre sus bases biológicas mostraron las grandes relaciones de este modelo monorasgo con características psicobiológicas.

Más adelante, en una segunda etapa, el modelo de Zuckerman se amplió hasta un modelo de cinco factores conocido como *Los Cinco Factores Alternativos de la Personalidad*, en contraposición a los *Cinco Grandes*. Ya con el modelo ampliado a cinco factores también han surgido evidencias de sustratos biológicos asociados a estas cinco dimensiones. A continuación, nos referimos a aspectos relativos a ambas etapas del modelo.

1.2.2.2.3.1. *El rasgo de personalidad Búsqueda de Sensaciones*

La primera propuesta de Zuckerman presentaba un modelo de la personalidad monorasgo, el modelo de "*Búsqueda de Sensaciones*". Zuckerman describe la *Búsqueda de Sensaciones* como "*un rasgo definido por la necesidad de sensaciones y experiencias variadas, novedosas y complejas, y la voluntad de tomar riesgos físicos y sociales por el simple hecho de vivir la experiencia*" (Zuckerman, 2014, p.10). Como todos los modelos biológico-factoriales, este rasgo también posee una amplia base biológica (Zuckerman, 1995). El constructo de *Búsqueda de Sensaciones* ha sido adaptado a otros modelos a través de otros constructos similares como la *Búsqueda al cambio*, la *Búsqueda de la variación de los estímulos*, la *Búsqueda de excitación*, la *Búsqueda de arousal*, la *Búsqueda de novedad* o el *Emprendimiento*. La mayoría de estos constructos correlacionan ampliamente con la *Búsqueda de Sensaciones* y hacen referencia a comportamientos análogos a esta (Zuckerman, 2015).

Muchas expresiones comportamentales se han asociado al rasgo de Búsqueda de Sensaciones, por ejemplo, comportamientos de riesgo como la conducción temeraria, el juego de azar, el abuso del alcohol y otras drogas o conductas sexuales de riesgo. Este rasgo también se ha relacionado con preferencias a la hora de elegir trabajo, pareja, las preferencias a la hora de comer, la creatividad o los hobbies (Zuckerman, 1994).

Zuckerman basó su modelo en evidencias psicobiológicas. Distintas investigaciones apoyan la asociación del modelo de Búsqueda de Sensaciones con estas variables. A continuación, se explican con detalle las relaciones entre estas variables psicobiológicas y el modelo. Los estudios de bases biológicas de la Búsqueda de Sensaciones se han sintetizado en un libro publicado en 1994 (Zuckerman, 1994), en él se recogen evidencias de las relaciones de su modelo con respuestas a nivel psicofisiológico en medidas autonómicas, medidas centrales, niveles hormonales, estudios de genética y relación con los neurotransmisores.

1.2.2.2.3.1.1. *Psicofisiología*

El rasgo Búsqueda de Sensaciones se asocia de forma directa con la predisposición a experimentar situaciones novedosas, activantes y con un gran componente de riesgo. Una baja puntuación en este rasgo suele implicar una preferencia a los estímulos conocidos, la repetición y la constancia. Por lo tanto, la Búsqueda de Sensaciones está estrechamente ligada a la activación o arousal psicofisiológico (Zuckerman, 1994).

1.2.2.2.3.1.1.1. *Tasa cardíaca*

La Búsqueda de Sensaciones ha mostrado ser un factor moderador de las respuestas psicofisiológicas ante estímulos relevantes. Así, la modulación de la tasa cardíaca correspondiente al proceso de orientación hacia un estímulo saliente y novedoso ha demostrado ser mayor en aquellos individuos

altos en Búsqueda de Sensaciones. Este efecto podría indicar una preferencia hacia este tipo de experiencias novedosas (búsqueda de novedad) y un desinterés hacia la información repetitiva (susceptibilidad al aburrimiento). La Figura 21 muestra los cambios en pulsaciones por minuto (ppm) de la tasa cardíaca tras aplicar un estímulo auditivo en función de las puntuaciones de Búsqueda de Sensaciones y Desinhibición.

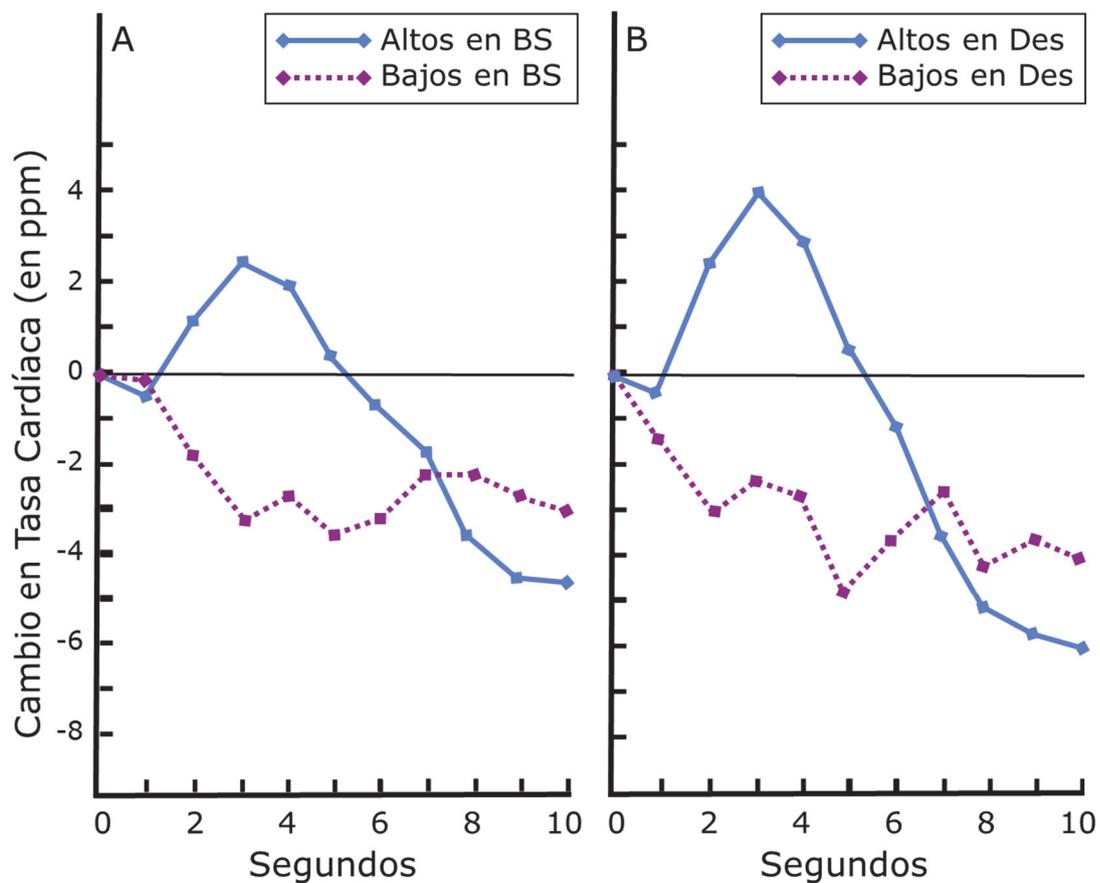


Figura 21

Cambio en tasa cardíaca a un estímulo auditivo en función de la Búsqueda de Sensaciones (A) Desinhibición (B) (Adaptado de Ridgeway y Hare, 1981)

1.2.2.2.3.1.1.2. Conductancia eléctrica de la piel

La conductancia eléctrica de la piel es una medida fuertemente ligada al nivel de activación. Una de las características principales de la Búsqueda de Sensaciones es la tendencia a experimentar situaciones excitantes y

activantes. Teniendo esto en cuenta, Neary y Zuckerman (1976) relacionaron la Búsqueda de Sensaciones con el nivel de actividad electrodérmica. Sus resultados mostraron como las personas con un alto rasgo de Búsqueda de Sensaciones tenían un alto nivel de excitación del sistema nervioso central ante estímulos novedosos.

1.2.2.2.3.1.1.3. *Medidas centrales*

Las respuestas de medidas centrales también han demostrado estar relacionadas con el rasgo de Búsqueda de Sensaciones. Según Zuckerman, la Búsqueda de Sensaciones estaría ampliamente relacionada con los niveles de activación o arousal cortical, tales activaciones se asociarían a un nivel óptimo de activación. Aquellos individuos altos en Búsqueda de Sensaciones muestran un gran aumento de la señal cortical ante estímulos altamente activantes, principalmente aquellas personas con destacado rasgo de Desinhibición. Por su parte, las personas con puntuaciones bajas en la dimensión de Búsqueda de Sensaciones muestran respuestas corticales menores ante esta clase de estímulos (Zuckerman, 1994).

1.2.2.2.3.1.1.4. *Hormonas*

Se han observado evidencias de la relación entre los niveles hormonales y la Búsqueda de Sensaciones. En concreto, los niveles basales de tiroxina (T₄) y torosotropina (TSH) se han correlacionado negativamente con las puntuaciones en Búsqueda de Sensaciones (Balada, Torrubia, y Arqué, 1992). Previamente, Daitzman y Zuckerman (1980) estudiaron también la relación entre la Búsqueda de Sensaciones y las hormonas gonadales. En concreto observaron que los hombres con altas puntuaciones en Búsqueda de Sensaciones también solían presentar altos niveles de testosterona. La subescala que mayor relación mostró con la testosterona fue la Desinhibición. Este hecho va acorde con las mayores puntuaciones en Búsqueda de Sensaciones de los hombres en comparación con las mujeres.

Las hormonas también se relacionarían con los cambios que demuestra este rasgo a lo largo de la evolución ontogénica, aumentando en las primeras etapas de la edad adulta y reduciéndose en la vejez (Figura 22).

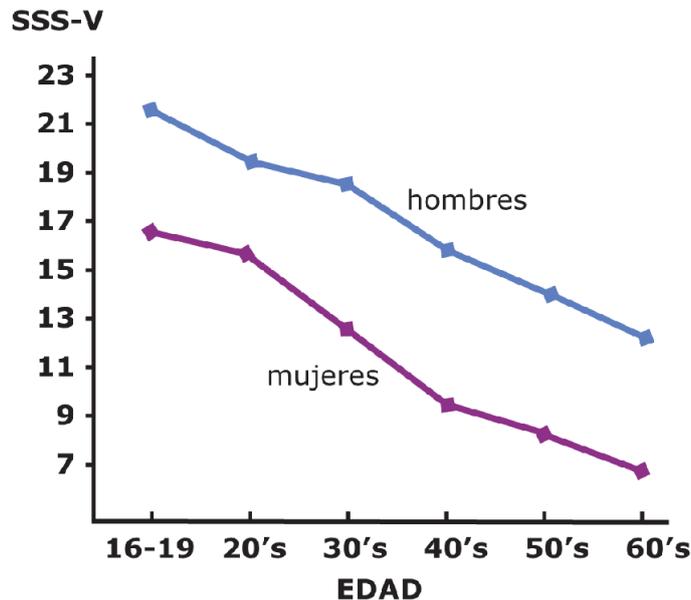


Figura 22

Cambios en Búsqueda de Sensaciones (SSS-V) en función de la edad (Adaptado de Zuckerman, Eysenck y Eysenck, 1978)

1.2.2.2.3.1.1.5. *Genética*

Por otro lado, las bases genéticas de este rasgo han sido ampliamente estudiadas por los investigadores, con especial interés en aquellos genes asociados con la dopamina (Cloninger, 1991), como el alelo TaqI-A1 del gen DRD2 o los polimorfismos del DRD4 (Ebstein et al, 1996; Ebstein, Benjamin y Belmaker, 2000). Estos genes han sido relacionados con rasgos de Impulsividad y Desinhibición (Ebstein et al., 2000; Noble et al., 1998). Entender cómo influyen los genes en la formación de la personalidad ayudará a entender mejor la relación entre estos componentes. Los estudios longitudinales que tienen en cuenta las variables ambientales de cada individuo pueden servir para entender mejor la importancia del genotipo en

el desarrollo de los rasgos de personalidad a través las características expresadas en función de su interacción con el entorno (fenotipo).

Fulker, Eysenck y Zuckerman (1980) realizaron el primer estudio con gemelos para evaluar el grado de heredabilidad del rasgo Búsqueda de Sensaciones. Para ello recogieron las puntuaciones de 422 pares de gemelos. Los investigadores observaron una alta heredabilidad del rasgo (58%), concluyendo que los factores biológicos heredados juegan un papel principal en la preferencia hacia sensaciones activantes y novedosas.

1.2.2.2.3.1.1.6. *Neurotransmisores*

Aquellas personas con altas puntuaciones en Búsqueda de Sensaciones también muestran menores valores de la enzima monoamina oxidasa (MAO) tipo B (Fowler, von Knorring y Oreland, 1980). Esta enzima es un regulador de monoaminas, como la serotonina, la noradrenalina y especialmente la dopamina. Las mujeres y las personas mayores suelen también mostrar mayores valores de MAO. Bajos niveles de esta MAO podrían estar relacionados con un déficit en la regulación que estaría asociado al rasgo de Impulsividad presentado por las personas con puntuaciones altas en esta dimensión. Alteraciones psicológicas y comportamentales (e.g. déficit de atención con hiperactividad, alcoholismo, juego patológico, trastorno límite de la personalidad, etc.) también se han asociado a bajos niveles de MAO.

1.2.2.2.3.2. *El modelo de los cinco factores alternativos de la personalidad de Zuckerman*

Siguiendo el desarrollo de su modelo y con la finalidad de adaptarlo a los resultados obtenidos la literatura Zuckerman propuso una ampliación a cinco factores de personalidad (Zuckerman et al., 1993). Así quedaría definido como el "Modelo de los cinco factores alternativos de la personalidad". Esta nueva propuesta incluye los factores de Neuroticismo-Ansiedad, Sociabilidad, Hostilidad-Agresividad, Actividad y Búsqueda de Sensaciones impulsiva no

socializada. El modelo de cinco factores alternativos ha tenido una amplia aplicación en el estudio de los rasgos de personalidad aplicados a conductas como el alcoholismo, la influencia de los medios de comunicación o la conducta sexual (Aluja, Lucas, Blanch, y Blanco, 2019; Aluja y Torrubia, 1998; O'Sullivan, Zuckerman, y Kraft, 1996).

Siguiendo con la tradición de los modelos con fuerte base biológica, este modelo destacaría la genética y su interacción con el ambiente (fenotipo) como uno de los principales factores influyentes en el desarrollo de la personalidad. Un esquema propuesto por Zuckerman para explicar su modelo puede observarse en la Figura 23.

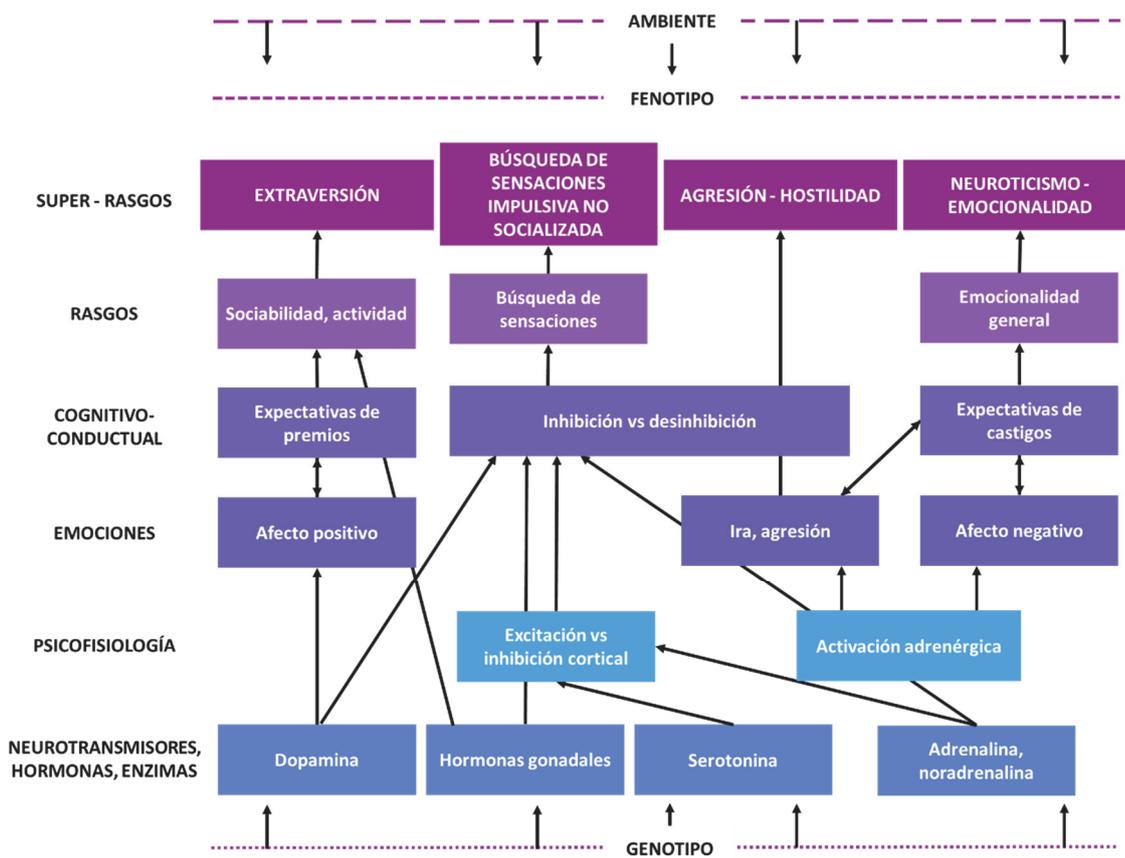


Figura 23

Modelo psicobiológico de la personalidad de Zuckerman (Adaptado de Zuckerman, 1991)

Un reciente estudio sobre las bases genéticas de los rasgos de Neuroticismo y Búsqueda de Sensaciones observó que los polimorfismos relacionados con los genes GABBR2, GNAS-AS1, DRD4 y FKBP5 explicaban un 13,8% de la varianza del Neuroticismo, mientras que aquellos polimorfismos relacionados con los genes AR, SLC6A3, DRD2 y DRD4 explicaban el 14,5% de la varianza de la Búsqueda de Sensaciones (Aluja et al., 2019). Por lo tanto, los receptores gabaérgicos, dopaminérgicos, glutamatérgicos y de glucocorticoides eran asociados con el Neuroticismo. Por su parte los transportadores de serotonina, dopamina y los receptores de andrógenos se relacionaban con la Búsqueda de Sensaciones.

Los instrumentos para evaluar la personalidad en base al modelo de Zuckerman también han ido evolucionando a lo largo del tiempo. A continuación, se hace un repaso a las principales escalas basadas a las distintas etapas del modelo de Zuckerman, desde su modelo monorasgo, hasta el actual modelo de cinco Factores alternativos de la personalidad.

La Sensation Seeking Scale (SSS) (Zuckerman, Kolin, Price y Zoob, 1964) solo estaba pensada para medir el rasgo de Búsqueda de Sensaciones. Esta escala se fue actualizando hasta su versión más reciente (SSS-V) (Zuckerman et al., 1978) e incluye cuatro factores de este rasgo: Emoción y búsqueda de aventuras, Búsqueda de experiencias, Desinhibición y Susceptibilidad al aburrimiento. La puntuación total de Búsqueda de Sensaciones se obtiene sumando las puntuaciones de todas sus facetas.

El Zuckerman-Kuhlman Personality Questionnaire (ZK-PQ) (Zuckerman, Kuhlman, y Camac, 1988; Zuckerman, et al., 1993; Zuckerman et al., 1991) es el inventario creado originariamente para evaluar las cinco dimensiones que componen el modelo de cinco factores alternativos de la personalidad. Este cuestionario se compone de 99 ítems con respuesta dicotómica (verdadero/falso).

Más adelante el ZKPQ se actualizó a la versión conocida como Zuckerman-Kuhlman-Aluja Personality Questionnaire (ZKA-PQ) (Aluja,

Kuhlman, y Zuckerman, 2010). El ZKA-PQ (Ver Anexo I) es una versión de 200 ítems, de los cuales solo 16 forman parte del ZKPQ anterior. Por lo tanto, muchos de los ítems que forman el ZKA-PQ son nuevos, exceptuando los cinco provenientes del cuestionario de agresividad-hostilidad de Buss y Perry (1992) i los seis de la escala de falta de premeditación (UPPS) (Whiteside, Lynam, Miller, y Reynolds, 2005). Los ítems del ZKA-PQ fueron seleccionados en función de su representatividad entre un total de 537 ítems. Respecto a su versión anterior, este cuestionario destaca también por introducir las respuestas en una escala de 4 puntos tipo Likert (1=Muy en desacuerdo; 2=Un poco en desacuerdo; 3=Un poco de acuerdo; 4=Muy de acuerdo) en lugar de presentar una respuesta dicotómica como en sus versiones anteriores.

El ZKA-PQ mantiene la estructura de cinco factores propuesta por Zuckerman, aunque varía sensiblemente el nombre de alguna de ellas. Estos factores serían: Neuroticismo, Extraversión, Agresividad, Actividad y Búsqueda de Sensaciones. Otra de las principales aportaciones de esta nueva versión es la subdivisión de estos factores en cuatro facetas cada uno. La escala presenta 40 ítems para cada uno de los factores, con 10 ítems por faceta. La estructura actual del modelo se representa en la Figura 24. A continuación, se describen los factores del ZKA-PQ, así como las facetas que forman cada uno de ellos.

- Neuroticismo: Esta escala se relaciona con la actividad del sistema nervioso simpático i las reacciones de lucha y huida producidas por el estrés. Las personas con altas puntuaciones en Neuroticismo experimentan de forma habitual sensaciones de miedo, rumiaciones obsesivas, indecisión o sensibilidad a la crítica. Esta escala se subdivide en las facetas de Ansiedad, Depresión, Dependencia y Baja autoestima.
 - Extraversión: Se relaciona con los aspectos de sentirse bien como consecuencia de las interacciones en grupos grandes de personas, asistir a actos sociales y la preferencia a realizar actividades en grupo,
-

en contraposición al desagrado de la soledad. Se forma de las facetas de Emocionalidad positiva, Calidez, Exhibicionismo y Sociabilidad.

- Agresividad: Hace referencia a la predisposición a expresar agresividad verbal, rudeza, grosería, desconsideración hacia los demás, conducta antisocial y el deseo de venganza y malicia. Correlaciona de forma negativa con la dimensión de Amabilidad del modelo de los Cinco Grandes. Incluye las facetas de Agresividad física, Agresividad verbal, Ira y Hostilidad.

- Actividad: Esta escala hace referencia a la necesidad de tener una actividad general continuada y la incapacidad de descansar, así como al esfuerzo en el trabajo y la capacidad de encargarse de varias tareas al mismo tiempo. Incluye las facetas de Compromiso con el trabajo, Actividad general, Inquietud y Energía en el trabajo.

- Búsqueda de Sensaciones: Incluye la necesidad de experimentar nuevas emociones y situaciones, así como la tendencia a asumir retos. Se relacionaría con la tendencia a actuar de forma impulsiva, sin pensar en las consecuencias, tan solo guiándose por la búsqueda de las sensaciones que provoquen estas acciones. Estaría ampliamente relacionada con los rasgos de Impulsividad. Se subdivide en las facetas de Emoción y búsqueda de aventuras, Búsqueda de experiencias, Desinhibición y Susceptibilidad al aburrimiento/impulsividad.

De forma más reciente se ha elaborado una escala abreviada del ZKA-PQ, el ZKA-PQ/SF (Aluja, Lucas, Blanch, García y García, 2018). Esta escala consta de 80 ítems en lugar de los 200 de su versión completa. 20 ítems corresponderían a cada uno de los factores, con 4 ítems por faceta. Esta nueva escala ha mostrado unas propiedades psicométricas y de consistencia interna similares a las de su versión larga. Esta versión es un instrumento muy útil en aquellas evaluaciones en las que no se disponga del tiempo necesario para administrar la versión larga del cuestionario.

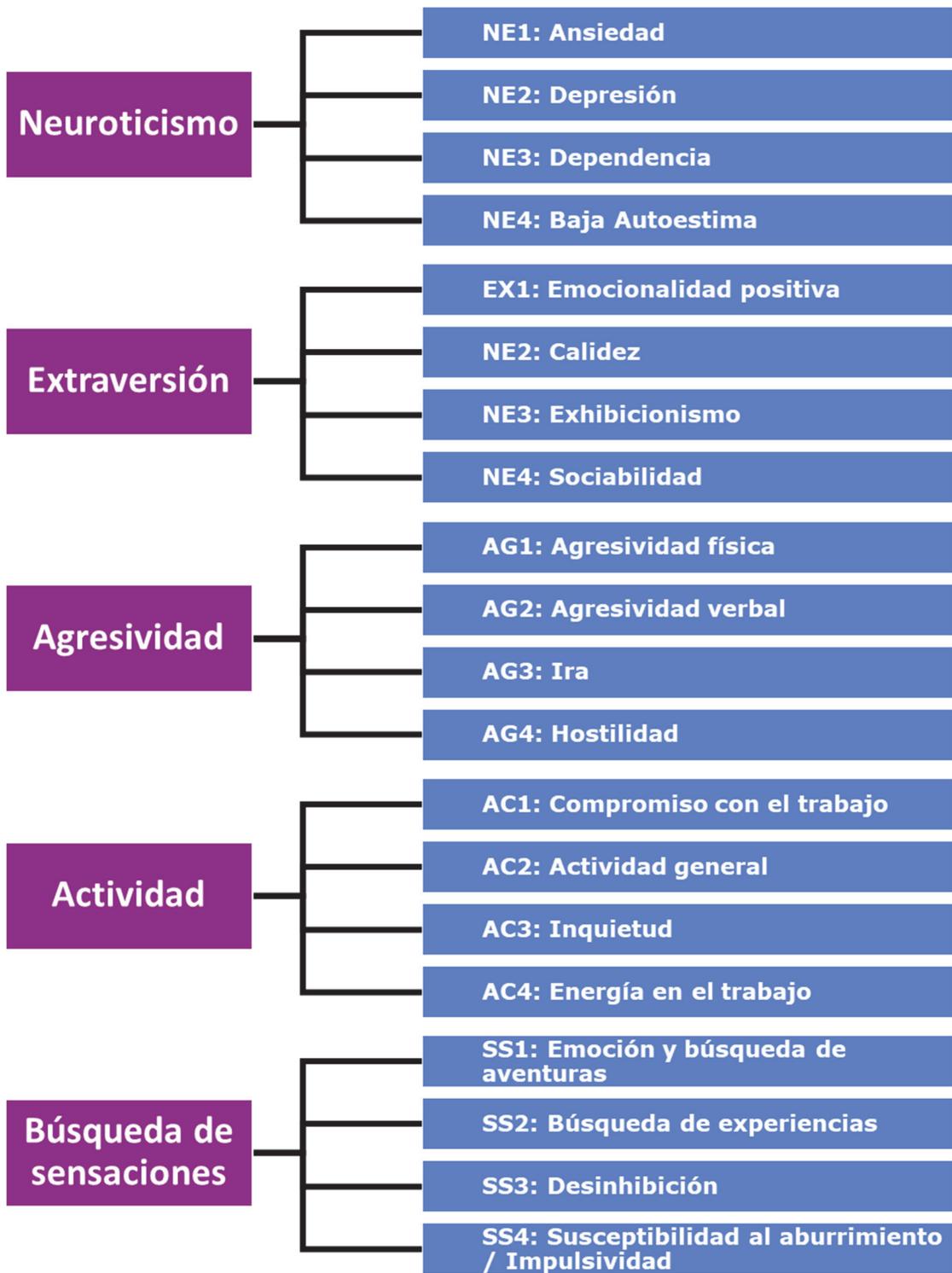


Figura 24

Modelo de los Cinco Factores Alternativos de la personalidad

1.2.2.2.3.3. *Cerebro y modelo de personalidad de Zuckerman*

Como modelo con alto sustrato biológico, existen evidencias entre la propuesta de Zuckerman y resultados psicobiológicos asociados a sus dimensiones. Como eje principal de su modelo, una dimensión que ha despertado gran interés en las investigaciones ha sido la Búsqueda de Sensaciones. El modelo de Zuckerman destaca el papel de MAO, que actúa como catalizador de monoaminas y regula la degradación de neurotransmisores como la dopamina, la serotonina o la noradrenalina. La función reguladora de la MAO sobre los neurotransmisores ha sido observada en estudios que usaron inhibidores de esta enzima (Murphy, Aulack, Garrick y Sunderland, 1987).

Existe una estrecha relación entre el rasgo de Búsqueda de Sensaciones y la presencia de MAO en las sinapsis nerviosas. Las puntuaciones altas en Búsqueda de Sensaciones correlacionan negativamente con la presencia de MAO, este hecho influiría de manera significativa a las conductas de aproximación y evitación. La dopamina y la noradrenalina se relacionarían con sensibilidades al refuerzo positivo, la búsqueda de estímulos excitantes, exploración de situaciones novedosas y, por lo tanto, con la posible asunción de conductas de riesgo. Los niveles de dopamina en los circuitos de recompensa asociados a la dimensión de Búsqueda de Sensaciones se han relacionado con conductas psicopatológicas como el consumo excesivo de alcohol u otras sustancias (Bardo, Donohew y Harrington, 1996) o conductas de adicción al juego (Norbury y Husain, 2015).

Joseph, Liu, Jiang, Lynam y Kelly (2009) realizaron una investigación con resonancia magnética funcional sobre las bases cerebrales de este rasgo. Para ello seleccionaron dos grupos de participantes en función de sus puntuaciones en la dimensión Búsqueda de Sensaciones. Ambos grupos fueron expuestos a imágenes altamente activantes y poco activantes. El grupo con altas puntuaciones en Búsqueda de Sensaciones mostró mayores activaciones en estructuras asociadas al nivel de activación y al reforzamiento (ínsula derecha, corteza orbitofrontal medial posterior) ante estímulos

altamente activantes. Por su parte, el grupo con bajas puntuaciones en el rasgo mostró mayores activaciones en áreas relacionadas con la regulación emocional (corteza orbitofrontal medial anterior, cíngulo anterior) también ante los estímulos altamente activantes. Dichos resultados refuerzan la teoría de mayores tendencias a activar mecanismos de aproximación por parte de las personas altas en *Búsqueda de Sensaciones*, mientras que las personas bajas en este rasgo tendrán mayores tendencias a activar procesos inhibitorios.

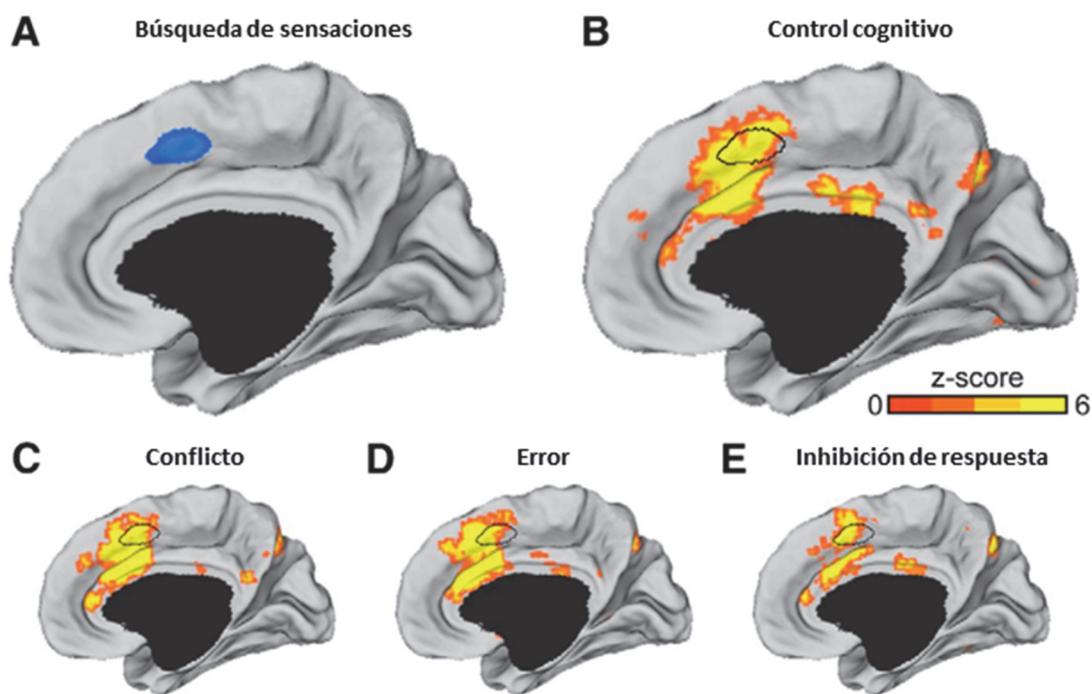


Figura 25

Anatomía de la *Búsqueda de Sensaciones* y el control cognitivo (Adaptado de Holmes et al., 2016).

Los distintos factores del modelo de Cinco Factores alternativos de la personalidad también han mostrado relacionarse con determinadas estructuras cerebrales. Así, el rasgo de *Búsqueda de Sensaciones* ha mostrado correlaciones con un menor grosor cortical en zonas relacionadas con el control cognitivo como la corteza cíngula anterior o el giro frontal medial. Los resultados obtenidos por Holmes, Hollinshead, Roffman, Smoller

y Buckner (2016) se representan en la Figura 25, con un corte sagital que muestra áreas cuyo grosor correlaciona negativamente con el rasgo de (A) Búsqueda de Sensaciones y activaciones funcionales de estructuras relacionadas con diferentes funciones de (B) Control cognitivo: (C) Conflicto, (D) Error y (E) Inhibición de respuesta. La puntuación Z hace referencia a la probabilidad de activación de esta estructura en función de la tarea cognitiva demandada. Las áreas relacionadas con el control cognitivo coinciden en localización con estructuras relacionadas con la Búsqueda de Sensaciones.

1.2.3.2.4. *El modelo psicobiológico de la personalidad de Cloninger*

Como uno de los modelos de personalidad más recientes fundamentados en bases biológicas podemos encontrar el modelo de personalidad de Cloninger, conocido como Teoría psicobiológica del Temperamento y el Carácter (Cloninger, 1986; Cloninger, et al., 1993). La propuesta de Cloninger trata de integrar los resultados de la investigación neurobiológica, los estudios con fármacos, los estudios de personalidad patológica y normal, y las teorías del aprendizaje.

El modelo empieza a desarrollarse a partir de 1986, cuando Cloninger propone un modelo de tres dimensiones de personalidad basadas en el temperamento: la Búsqueda de novedad, la Evitación del daño y la Dependencia a la recompensa (Cloninger, 1986).

Más adelante el modelo se actualizaría, mostrando ya las dos dimensiones principales sobre la que se fundamenta la propuesta de Cloninger: el Temperamento y el Carácter (Cloninger et al., 1993). El Temperamento hace referencia a la tendencia a hábitos y respuestas emocionales. Por su parte el Carácter sería aquello que hacemos de manera consciente e intencional, relacionado con el autoconcepto y el aprendizaje cultural. De esta forma el modelo pasa a estar formado por una estructura jerárquica en estas dos dimensiones, que a su vez se forman de siete factores independientes, cuatro para el Temperamento (Hábitos) y tres para el Carácter (Sets cognitivos). Los cuatro factores que formarían el

Temperamento serían la Búsqueda de Novedades, la Evitación de daño, la Dependencia a la recompensa y la Persistencia. Por otro lado, el Carácter vendría formado por la Autodirectividad, la Cooperatividad y la Autotrascendencia (Figura 26).

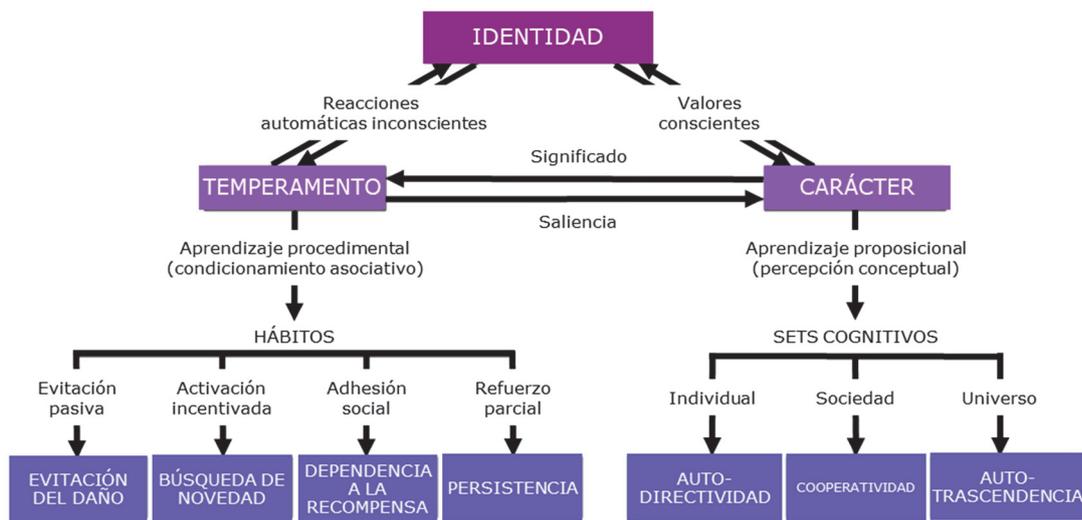


Figura 26

Teoría psicobiológica del temperamento y el carácter de Cloninger (Adaptado de García, Lester, Cloninger, y Cloninger, 2017)

Cloninger destaca la importancia del factor genético en la estructura de la personalidad, principalmente en la dimensión de temperamental. Su propuesta pretende explicar la personalidad a través de estas siete dimensiones, que mostrarían una gran varianza no solo en personas con algún problema psicopatológico, sino también en población normal (Cloninger, 2004).

Con el fin de evaluar las dimensiones propuestas en el modelo actualizado de Cloninger se desarrolla una herramienta específica, el Cuestionario de Temperamento y Carácter (TCI) (Cloninger, Przybeck, Svrakic, y Wetzel, 1994). Este inventario está formado por 240 ítems de respuesta dicotómica (verdadero/falso) que miden las siete dimensiones del modelo. Tiempo después aparecería la versión revisada de este cuestionario

(TCI-R) (Cloninger, 1999). Esta nueva versión y la anterior comparten 189 de los 240 ítems de los que también se compone, y modifica el tipo de respuesta a una escala tipo Likert de cinco puntos. El TCI-R ha demostrado ser un buen instrumento para evaluar posibles patrones de personalidad psicopatológicos (Cloninger, 2008). Existe una versión validada en castellano (Aluja, Blanch, Gallart y Dolcet, 2010).

1.2.3.2.4.1. *Cerebro y modelo de personalidad de Cloninger*

Como los anteriores modelos biológico-factoriales, la teoría de Cloninger posee un gran sustrato psicobiológico. Diferentes investigaciones han relacionado las dimensiones temperamentales de su modelo con diferentes neurotransmisores y estructuras cerebrales. El concepto de Búsqueda de novedad se relacionaría con las vías dopaminérgicas (Ebstein et al., 1996), principalmente en la corteza frontal y en estructuras límbicas subcorticales. La Evitación del daño estaría relacionada con vías serotoninérgicas (Peirson et al., 1999), localizadas principalmente en los núcleos de rafe, en el mesencéfalo. La Dependencia de recompensa y la persistencia con las vías noradrenérgicas, que influirían a su vez en el nivel de activación como en el sistema de recompensa cerebral (Garvey, Noyes, Cook, y Blum, 1996).

Estas dimensiones de Temperamento también han mostrado correlaciones con el volumen de la materia gris en determinadas estructuras cerebrales (Gardini, Cloninger y Venneri, 2009). La Búsqueda de novedad mostró una correlación positiva con el volumen de materia gris en el giro frontal superior derecho, el giro frontal medial derecho y el giro cingulado posterior. La Evitación del daño correlacionaba negativamente con el volumen en el cíneo derecho, el lóbulo parietal inferior derecho, el precúneo izquierdo, el giro medial occipital izquierdo, el giro frontal medial izquierdo y el giro frontal inferior de forma bilateral. La Dependencia a la recompensa mostraba una correlación negativa con la materia gris en el núcleo del caudado derecho y el giro recto frontal derecho. Por último, se observó también correlación

negativa entre la Perseverancia y el volumen en materia gris en lóbulo paracentral derecho, el giro parahipocampal derecho y el precúneo izquierdo. La Figura 27 muestra las correlaciones entre las distintas variables del modelo de Cloninger y el volumen de materia gris en distintas áreas cerebrales: (a) regiones del cíngulo frontal y posterior, (b) áreas frontales, parietales y occipitales, (c) zonas en el núcleo del caudado y (d) Regiones del precúneo.

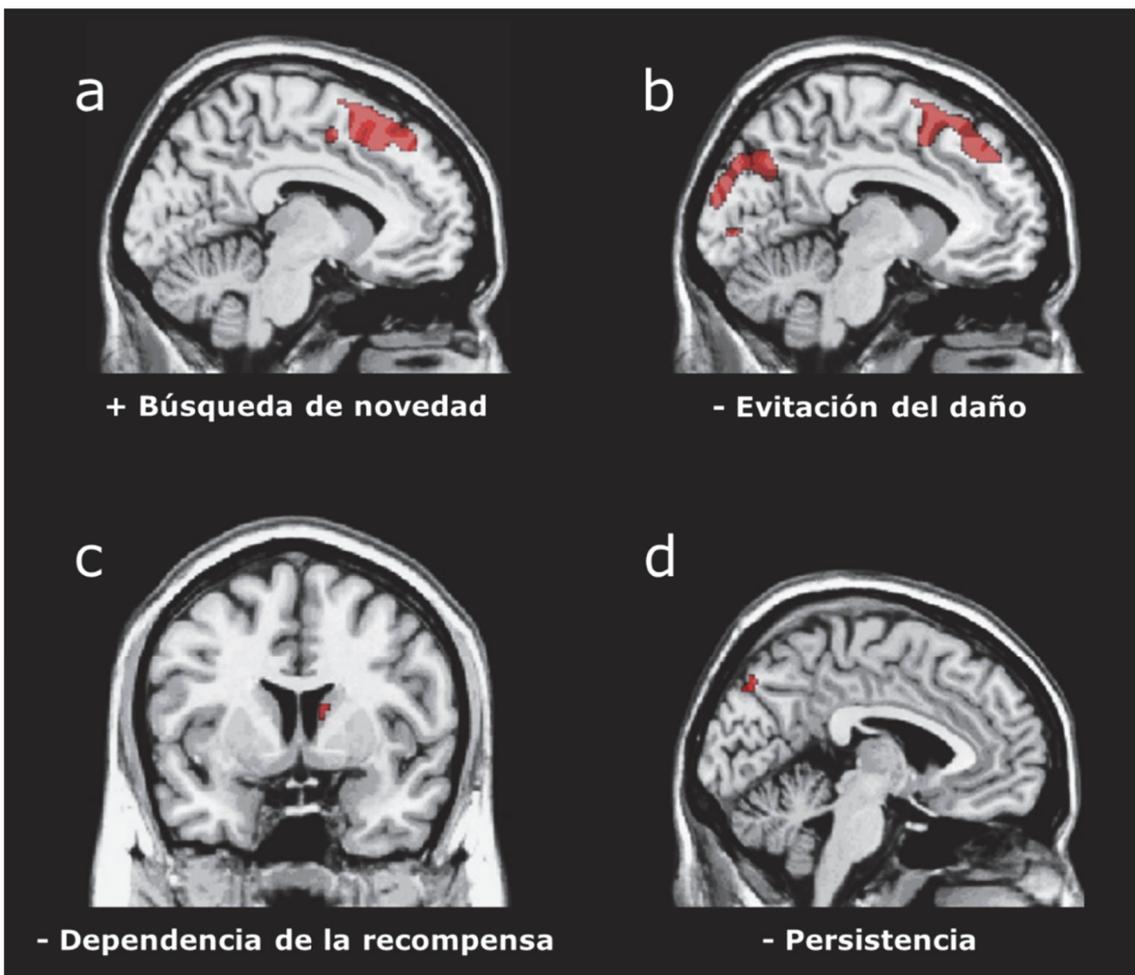


Figura 27

Modelo de Cloninger y volumen de materia gris (Adaptado de Gardini et al., 2009)

1.3. Las emociones humanas

1.3.1. *Naturaleza de las emociones*

El concepto de emoción no presenta una definición unitaria, sin embargo, es posible aunar diversos aspectos comunes a lo que los investigadores entienden por emoción. El término emoción se deriva del latín "moveré", junto al prefijo "e-" ("e-movere"), formando un concepto que hace referencia al movimiento o a sacar un elemento de su estado actual. Las emociones, por lo tanto, son evocadoras de cambio, ya sea cognitivo (a través de los pensamientos), fisiológico (reacciones corporales como la palpitación del corazón o la sudoración) o conductual (respuestas motoras, voluntarias o involuntarias) (Lang, 1968).

La emoción a menudo se confunde con el sentimiento. Cuando se hace referencia a estos dos procesos generalmente se establece una diferencia entre ellos. La emoción incluiría todo el proceso de respuesta ante un estímulo (respuestas fisiológicas, cognitivas y motoras), mientras que el sentimiento estaría considerado como la experiencia consciente y subjetiva de los estados emocionales (Scherer, 2005).

A nivel histórico, James (1884, 1894) enfatizó la importancia de los procesos motivacionales y emocionales. Para él, las motivaciones o "instintos" guiaban al individuo hacia un objetivo determinado. Las emociones eran, en cambio, respuestas automáticas, provocadas por un estímulo concreto. Todo proceso motivacional se acompañaría de una emoción. James entendió las emociones como disposiciones para la acción.

Los sistemas emocionales se relacionan tanto con procesos aversivos, de evitación, como con procesos apetitivos, de acercamiento (Fanselow y Poulos, 2005; LeDoux, 2003). Los estímulos desagradables suelen provocar una respuesta emocional más rápida. Este "sesgo de negatividad" posee un valor adaptativo, pues los estímulos negativos pueden suponer peligros o

amenazas inmediatas para la supervivencia, mientras que los estímulos positivos no requieren de una respuesta tan rápida (Carretié, 2011).

La clasificación clásica de las emociones habla de emociones positivas y negativas (An, Ji, Marks y Zhang, 2017). Quizá más preciso sería considerarlas emociones agradables y desagradables puesto que toda experiencia emocional, ya sea placentera o no, puede servir para mejorar la respuesta de un individuo a su entorno. El objetivo final de las emociones no es otro que ayudar a un individuo a adaptarse a un medio, motivando sus acciones y provocando respuestas a los posibles cambios que vayan ocurriendo en su entorno (Abe y Izard, 1999). Esto no significa que todas las emociones vayan a mejorar el estado de un individuo. Existen procesos emocionales desadaptativos, como aquellos que fallan por dar una respuesta emocional no acorde con la situación o una respuesta cuya intensidad no se corresponda con las necesidades de la persona (Parrott, 2001). Un ejemplo claro de estos procesos emocionales desadaptativos se encuentra en los trastornos afectivos y de ansiedad, donde la respuesta emocional desencadenada no solo no mejora las condiciones de un individuo, sino que provoca un problema mayor.

Las emociones son procesos dinámicos, no estancos, por lo que nunca el estado emocional es estable. De forma continua, las emociones afectan a otros procesos y, a su vez, se ven influenciadas por estos. La regulación emocional es la capacidad de influenciar nuestras emociones, sobre cuándo las tenemos y cómo las experimentamos y expresamos (Gross, 1998). Este proceso es inherente al propio proceso emocional e implica procesos tanto extrínsecos como intrínsecos. No se trata por lo tanto de contrarrestar un estado emocional, sino que puede implicar activación, inhibición o modulación. La regulación emocional no tiene por qué tampoco ser adaptativa, sino que pueden ocurrir procesos regulatorios ineficaces, disfuncionales e incluso contraproducentes. Es de especial importancia diferenciar entre dos conceptos a los que puede hacer referencia el concepto de "regulación emocional". Por una parte, la influencia sobre los estados emocionales a través de estrategias o "regulación *de* las emociones". Y por

otra parte el efecto que tiene un estado emocional sobre el resto de procesos o “regulación *por* las emociones” (Gross, 1998).

1.3.2. *Cerebro y emociones*

La disciplina que estudia los mecanismos neurológicos de las emociones es la neurociencia afectiva (Dalglish, 2004; Pankseep, 1982). Los procesos emocionales son complejos e involucran múltiples sistemas de respuesta. Es por ello que la respuesta emocional se relaciona con estructuras en prácticamente todos los niveles del sistema nervioso central y sistema nervioso autónomo. Por lo tanto, definir las estructuras neuronales que se relacionan con los procesos emocionales dependerá del nivel de respuesta emocional que se pretenda analizar.

Las estructuras cerebrales que se consideran abiertamente asociadas a la respuesta emocional son las que conforman el sistema límbico. Según la clasificación de MacLean (1990), la evolución filogénica de las estructuras cerebrales se subdividía en tres grandes partes, el cerebro reptil o primitivo, el cerebro mamífero o límbico y el neocórtex. El cerebro límbico de MacLean abarcaba estructuras que se relacionan directamente con el proceso emocional. No obstante, la hipótesis del cerebro triúnico de MacLean ha quedado rebatida. Es común encontrar algunas de estas estructuras límbicas en otras especies, no necesariamente mamíferos. Los procesos emocionales están directamente ligados a mecanismos de supervivencia, y estos mecanismos están presentes tanto en animales como en el ser humano (LeDoux, 2012). Otra de las evidencias que muestran los errores de la teoría de MacLean es que actualmente no es posible distinguir entre sistemas exclusivamente emocionales o cognitivos. Estructuras que anteriormente no eran consideradas parte de los procesos emocionales como la corteza prefrontal han demostrado estar involucradas en las respuestas afectivas.

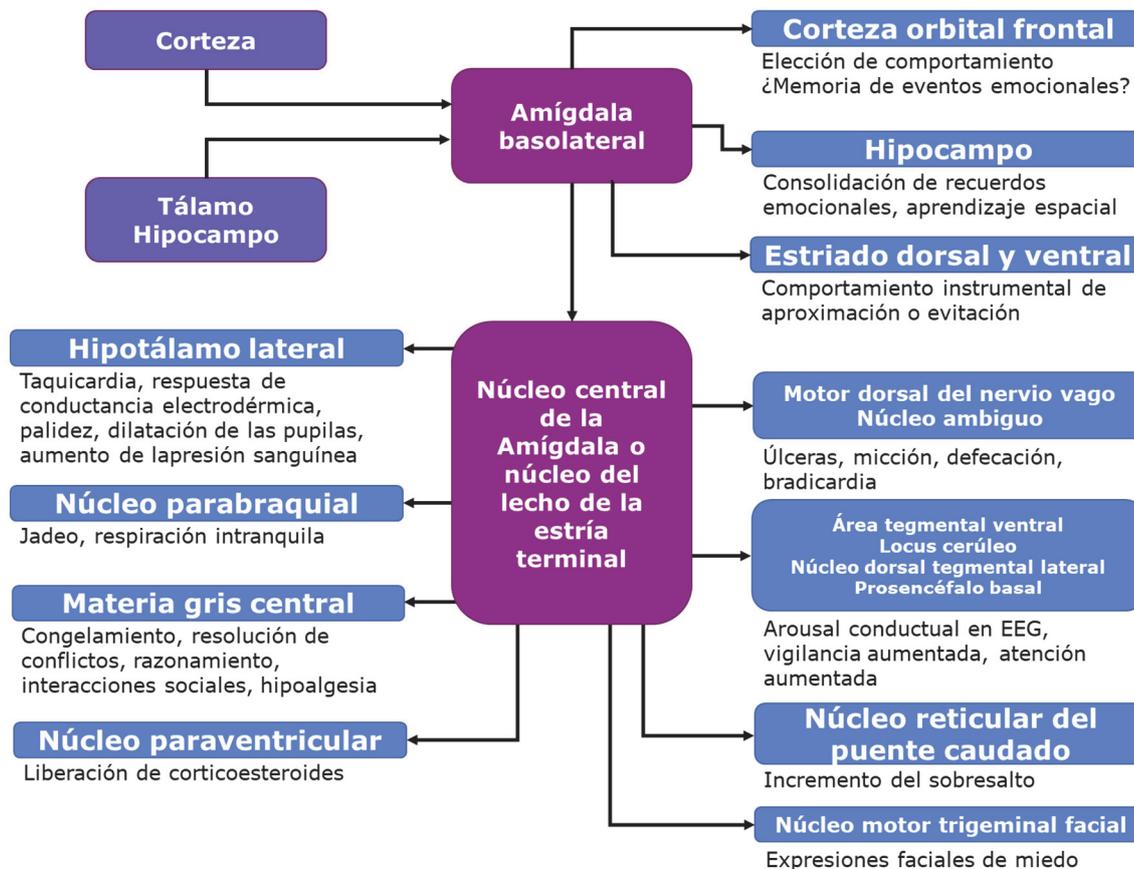


Figura 28

Diagrama de las salidas de las salidas del núcleo basolateral de la amígdala a varias estructuras diana, y las salidas y dianas posteriores del núcleo central de la amígdala y el núcleo basal lateral de la estría terminal. (Adaptado de Davis y Lang, 2003).

La concepción de un cerebro límbico o emocional ha ido evolucionando a lo largo del tiempo (Catani, Dell'Acqua y De Schotten, 2013). Actualmente se considera que las estructuras que conforman este sistema son las que relacionan directamente con las respuestas somáticas y autónomas, sin embargo, también se destacan las interconexiones de estas estructuras con otros sistemas. Estructuras como la amígdala, el hipotálamo, el hipocampo, el cuerpo calloso, la corteza cingulada o la ínsula se relacionan directamente con la expresión emocional. Todas ellas están asociadas a distintos procesos emocionales, sin embargo, entre todas ellas, la amígdala es la que más involucrada está en el procesamiento afectivo. La amígdala, situada en la parte interna del lóbulo temporal medial bilateral, presenta multitud de conexiones aferentes y eferentes hacia otras estructuras subcorticales y

corticales. Dicha conectividad posibilita la relación directa de estas estructuras con las respuestas autónomas asociadas a los procesos emocionales (Davis y Lang, 2003; Schwaber, Kapp, Higgins y Rapp, 1982). La amígdala se conecta con prácticamente todas las estructuras relevantes en el proceso emocional como el hipotálamo, la sustancia gris central, el tallo cerebral, el estriado o las áreas corticales, como por ejemplo la corteza prefrontal (Figura 28). No existe duda de la influencia que posee la corteza prefrontal sobre los mecanismos emocionales y cómo, a su vez, estos procesos emocionales condicionan la actividad de esta estructura cerebral.

1.3.3. *Teorías de las emociones*

Los intentos por explicar cómo los procesos emocionales están ligados a las respuestas psicofisiológicas han llevado a la propuesta de diferentes modelos, algunos de ellos contrapuestos, sobre esta cuestión (Vila y Guerra, 2009). A continuación, se hace un repaso a los principales modelos que han servido de referencia en el estudio de los procesos emocionales y sus respuestas.

Una de las primeras propuestas parte del psicólogo y filósofo William James (1884), quien posteriormente asociaría sus ideas a las del fisiólogo danés Lange (1885) para elaborar la teoría referida como de James-Lange (James, 1894). Esta propuesta defiende que la experiencia emocional es el resultado de la percepción de los cambios fisiológicos internos ocurridos debidos al evento que ha desencadenado el proceso emocional, remarca por lo tanto la importancia de las respuestas a nivel motor y visceral a la hora de experimentar una emoción. Según esta teoría, el procesamiento cognitivo de una situación potencialmente activadora provocaría cambios corporales asociados a esa situación, y la propiocepción de tales cambios a nivel fisiológico sería lo que desencadenaría la experiencia emocional (Figura 29). El modelo de James-Lange se enmarca en el punto de vista de la especificidad a nivel emocional ya que cada reacción fisiológica estaría asociada a un estado emocional determinado. Esta teoría ha sido de gran importancia en el estudio posterior de las emociones, no solo por establecer un punto de partida

sobre modelos emocionales, sino por elaborar conceptos todavía importantes como es el feedback a nivel fisiológico (Fehr y Stern, 1970; Lang, 1994).



Figura 29

Esquema del proceso de generación de la emoción según el modelo de James-Lange

En contraposición a la teoría de James-Lange se encuentra la propuesta de Cannon-Bard. Esta nueva teoría nace en oposición a la anterior, con la finalidad de adecuar el modelo de procesamiento emocional a los conocimientos existentes sobre las estructuras y sistemas neurofisiológicos. Estos conocimientos provenían principalmente de experimentación en modelos animales. La propuesta parte del fisiólogo francés Walter Cannon (1927), conocido entre otras aportaciones por acuñar el término *homeostasis* como la capacidad de autorregulación del medio interno en respuesta a acciones externas. La principal premisa de este nuevo modelo es que la emoción se produciría a nivel del sistema nervioso central, entre la corteza cerebral y determinadas estructuras subcorticales como el tálamo. Más tarde, Bard añadiría a esta propuesta otras estructuras del sistema límbico como el hipotálamo (Bard, 1928). Según esta teoría, el procesamiento llevado a cabo entre la corteza y las estructuras subcorticales sería suficiente para producir la experiencia emocional. Tal procesamiento provocaría también las respuestas a nivel periférico, que formarían parte del proceso afectivo, pero no serían precursoras de la experimentación del estado emocional, ya que ocurrirían de forma simultánea (Figura 30). Estos cambios a nivel autonómico cumplirían una función adaptativa, preparando al organismo a hacer frente a

la situación que se le presenta, activándose de acuerdo al nivel de intensidad que provoque el estímulo desencadenante. Las respuestas fisiológicas no serían, por lo tanto, específicas para cada estado emocional, sino que se englobarían todas dentro de un continuo dimensional en función del nivel de activación.



Figura 30

Esquema del proceso de generación de la emoción según el modelo de Cannon-Bard

Siguiendo la idea de especificidad de la expresión emocional de James-Lange, surge una nueva propuesta conocida como teoría del feedback facial (Izard, 1971, 1990; Tomkins, 1962). Si la teoría de James-Lange proponía que la experiencia emocional derivaría de las reacciones a nivel fisiológico y visceral del organismo, esta nueva teoría apuntaría a que tales reacciones emocionales se derivarían de la propiocepción de la musculatura facial, es decir, de la expresión emocional de nuestro propio rostro. En esta teoría se defiende que los músculos faciales son numerosos y se activan e inhiben totalmente de forma rápida, además están interconectados de forma aferente a estructuras subcorticales y, a diferencia de las reacciones psicofisiológicas del sistema autónomo, no habitúan su respuesta tras la repetición de los estímulos.

La importancia del estudio de las expresiones faciales como patrón específico tiene su inicio en los estudios de Darwin sobre los supuestos evolucionistas de las expresiones faciales en animales y hombres (1872).

Pero una de las aportaciones más importantes a la teoría de la especificidad de las expresiones del rostro son los estudios iniciados en los años 60 por Paul Ekman (Ekman y Friesen, 1969; Ekman, 1971). Los resultados obtenidos por Ekman refutaron las ideas de, entre otros, la antropóloga Margaret Mead quien defendía que las expresiones faciales eran constructos culturales aprendidos. De los estudios de Ekman derivó la propuesta de la existencia de seis emociones básicas (ira, asco, miedo, alegría, tristeza y sorpresa) (Ekman, 1993).

Otro de los modelos del proceso emocional que más relevancia ha tomado en el estudio de las emociones es el propuesto por Schachter y Singer (1962). En dicho modelo el arousal fisiológico viene como consecuencia directa del evento desencadenante, tras esa activación existe una interpretación cognitiva de la situación y de la reacción fisiológica para identificar el foco y categorizar la emoción (Figura 31).

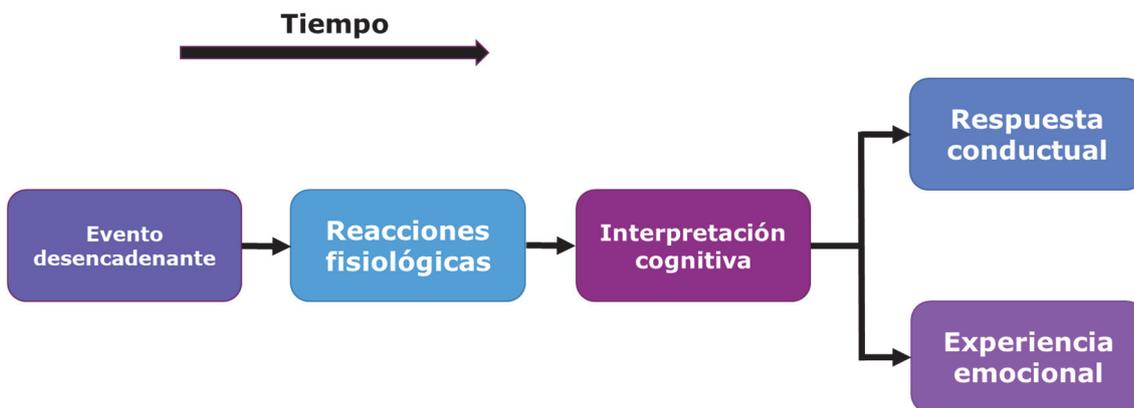


Figura 31

Esquema del proceso de generación de la emoción según el modelo de dos factores de Schachter y Singer

Por lo tanto, será la forma en la que evaluemos las reacciones fisiológicas y el contexto lo que determinará la experiencia emocional. La respuesta conductual será análoga a esa experiencia emocional y vendrá también como consecuencia de la evaluación previa. Esta teoría enfatiza la importancia de los factores cognitivos y los aspectos contextuales de la situación a la hora de experimentar el estado afectivo. También es conocida

como "teoría de los dos factores de la emoción", haciendo referencia a las reacciones fisiológicas por un lado y a la evaluación cognitiva por otro, los dos elementos que serían necesarios para desencadenar la experiencia emocional. Esta teoría comparte con la de James-Lange el hecho de percibir las reacciones fisiológicas previamente a sentir la emoción, pero añade la variable interpretativa, con lo cual una misma reacción fisiológica podría desencadenar distintos estados emocionales en función de la evaluación y del contexto.

De forma integradora a todas estas propuestas encontramos uno de los modelos más relevantes en el estudio actual de las emociones: la teoría bifásica y dimensional de Peter J. Lang. Este es un modelo multidimensional y jerárquico que se ha basado en resultados psicofisiológicos para fundamentar su propuesta (Lang, 1995).

Lang propone que las emociones se activan a través de determinados circuitos cerebrales y que tienen su expresión en tres sistemas de respuesta distintos: el conductual (acciones y comportamientos manifiestos), el fisiológico (activaciones autónomas) y el cognitivo (pensamientos). Para estudiar en fenómeno emocional por completo es necesario tener en cuenta los tres sistemas de respuesta, ya que cada uno expresa distintos aspectos del proceso emocional y los tres muestran poca correlación entre ellos (Lang, 1968).

La propuesta de Lang expone un modelo jerárquico (Figura 32) en cuyo nivel superior se encontrarían las dimensiones globales, que responderían a su direccionalidad (valencia) e intensidad (arousal). La valencia estaría ligada a dos sistemas motivacionales distintos, el de aproximación y el de evitación. El sistema motivacional de aproximación o apetitivo se activaría ante estímulos que provocan una reacción positiva y sobre los que una conducta de aproximación favorecería la supervivencia del individuo (p.e. comida, estímulos sexuales, cuidado de la progenie, etc.). En cambio, el sistema motivacional aversivo se activaría cuando se presenta un estímulo que se interpreta como amenaza, favoreciendo las probabilidades de enfrentarse a

la situación (p.e. ataques, comida en mal estado, etc.). Estudios con análisis factoriales encuentran una tercera dimensión, la dominancia. Este tercer factor del proceso emocional viene relacionado con el grado de control que se percibe sobre la situación. Esta tercera dimensión ha sido la menos estudiada, diferentes resultados sugieren una alta correlación con la dimensión de valencia (Pastor, 1999).

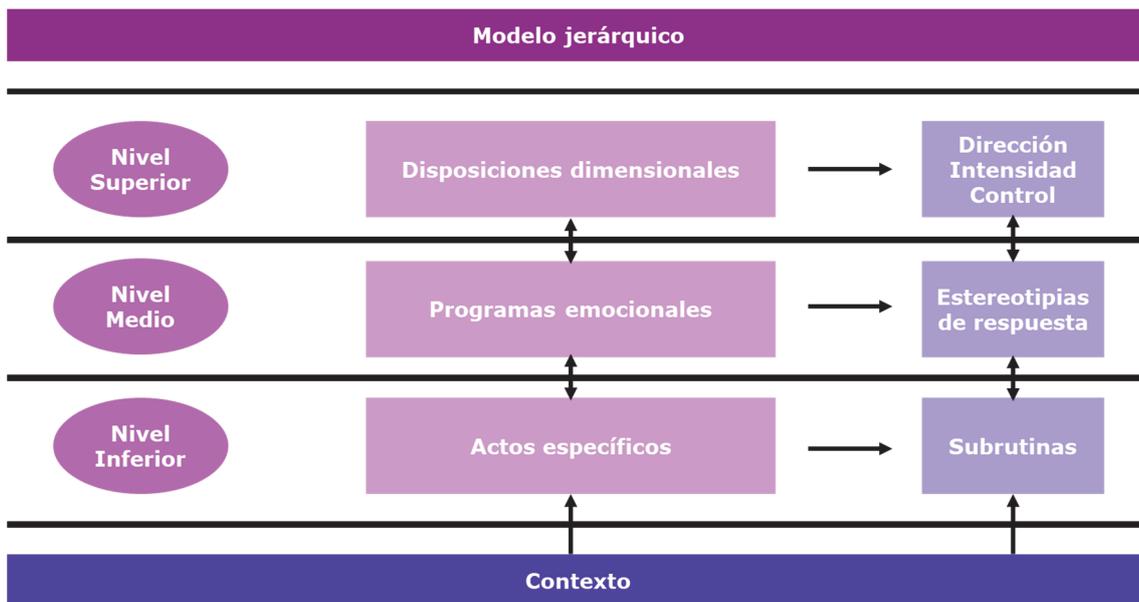


Figura 32

Modelo multidimensional y jerárquico de las emociones propuesto por Lang (Adaptado de Vila y Guerra, 2009)

Esta es una propuesta aglutinadora que pretende integrar ideas previas aportadas por otros modelos anteriores. Así sobre el concepto de especificidad-dimensionalidad, Lang defiende que no son excluyentes dado que en su modelo existen tanto dimensiones más globales, situadas en la parte superior de la jerarquía, como respuestas más específicas, situadas en niveles más inferiores (Lang, 1995). Sobre las dicotomías centralismo-periferalismo y cognitivo-emocional, Lang propone la emoción como un proceso cuya finalidad es predisponer al individuo a actuar ante una situación determinada. El proceso emocional incluirá por lo tanto el procesamiento a nivel central de determinados estímulos, así como la respuesta a nivel

psicofisiológico asociada a tales cambios, con ello se prepararía al individuo a responder de forma adecuada, mejorando su adaptación al ambiente cambiante. Siguiendo la visión de Frijda (1986), la propuesta de Lang define las emociones como disposiciones para la acción que han ido evolucionando a lo largo del tiempo, favoreciendo la adaptación de los seres vivos a su medio. Así, las reacciones emocionales favorecerían la supervivencia de los seres vivos y de su descendencia (Lang, 2010).

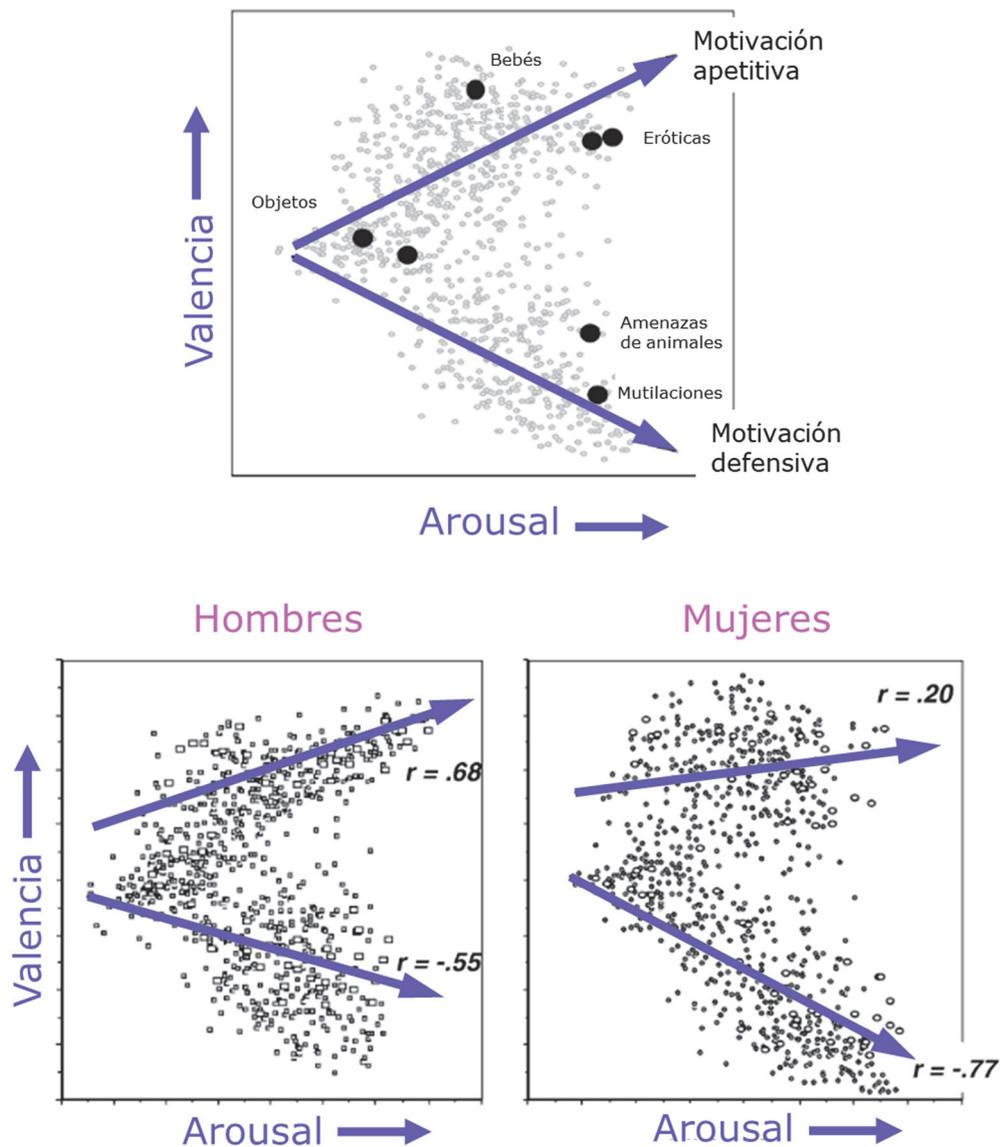


Figura 33

Valoraciones subjetivas de valencia y arousal para las imágenes del IAPS y distribución respecto al sexo (Adaptado de Bradley y Lang, 2007)

De acuerdo a este modelo es posible clasificar los estímulos emocionales en un espacio afectivo bidimensional en función de sus propiedades de valencia y arousal. Los resultados obtenidos por el grupo de Lang muestran una clasificación con forma de boomerang, en la que las imágenes más positivas y las más negativas son las que se catalogan como más activantes, mientras que las imágenes con una valencia más neutra no muestran gran nivel de activación (Bradley, Codispoti, Cuthbert, y Lang, 2001; Bradley y Lang, 2007).

La percepción subjetiva de las emociones presenta diferencias entre sexos (Bradley, Codispoti, Sabatinelli, y Lang, 2001). La Figura 33 representa la clasificación de cada una de las imágenes del International Affective Picture System (IAPS) dentro del espacio afectivo formado por las dimensiones de valencia y arousal. La imagen superior muestra los resultados globales. Las imágenes inferiores muestran los resultados separados por sexo. Los hombres (izquierda) muestran una mayor correlación entre valencia y arousal para las imágenes agradables, mientras que las mujeres (derecha) muestran una mayor correlación entre la valencia de las imágenes desagradables y el nivel de activación).

1.3.4. *Instrumentos de evaluación de las emociones*

El estudio de las emociones en contextos experimentales ha necesitado de la creación de distintos estímulos o situaciones que sean capaces de generar el patrón de respuesta emocional en un ambiente artificial. La similitud de estos elementos a las situaciones reales de la vida resulta esencial para otorgar validez ecológica a los resultados obtenidos en el laboratorio. Con esta finalidad muchos investigadores han trabajado en la creación de instrumentos que sean válidos a la hora de producir respuestas emocionales significativas (Horvat, 2017). Teniendo en cuenta todos estos elementos, resulta esencial elegir el tipo de estímulo que mejor se adapte a las condiciones experimentales que se planeen crear en el laboratorio. Para ello se deberán considerar sus características en términos éticos, tiempo de

administración y de respuesta, poseer una alta validez ecológica y no verse influenciado por variables extrañas (Moltó et al., 1999). Asimismo, al igual que ocurre con los instrumentos psicométricos, para que un instrumento sea válido a nivel experimental es esencial que previamente haya sido validado en contextos similares con la población objetivo, y también que exista una teoría sólida sobre la que se base su efecto.



Figura 34

Paradigmas más utilizados para evocar estados emocionales en estudios psicofisiológicos (Adaptado de Bradley y Lang, 2007).

Los distintos paradigmas experimentales utilizados para estudiar la emoción en el laboratorio se sirven de estímulos evocadores de naturaleza muy variada (Figura 34). Los humanos somos seres cuya mayor fuente de información externa son las percepciones visuales. Por ello, correspondiente a la propia naturaleza humana, el tipo de estímulos más utilizados en el laboratorio son los visuales, ya sean imágenes fijas (Lang Bradley y Cuthbert, 1997, 2008) o en movimiento (Baveye, Dellandrea, Chamaret, y Chen,

2015). Pero los procesos emocionales pueden verse evocados a través de muchas otras vías. Es por ello que también se utilizan estímulos auditivos (Bradley y Lang, 2007), palabras (Bradley y Lang, 2017) o textos (Bradley y Lang, 2007).

A continuación, se hace una aproximación a algunos de los instrumentos específicos que han demostrado su validez para el estudio de los procesos emocionales en contextos experimentales.

1.3.4.1. *International Affective Picture System*

El *International Affective Picture System* (IAPS) (Lang, Bradley y Cuthbert, 1997, 2008) es un banco de imágenes afectivas validadas y catalogadas con unos valores normativos que permiten su uso en situaciones experimentales. El IAPS fue desarrollado en el *Center for the Study of Emotion and Attention* (CSEA, Florida), dirigido por el doctor Peter J. Lang, con la finalidad de crear un repositorio de imágenes que cumplieran con todas las características necesarias para su uso en el laboratorio.

El IAPS se compone 956 imágenes a color distribuidas en 20 grupos según su categoría. Cada imagen posee unos valores normalizados de valencia, arousal y dominancia. Para lograr esta clasificación, la validación original del instrumento se realizó con 100 estudiantes (50 hombres y 50 mujeres), quienes evaluaron cada una de las imágenes en esas tres escalas utilizando el *Self Assessment Manikin* (SAM) (Bradley y Lang, 1994).

Las imágenes que componen el IAPS están seleccionadas para cubrir un amplio espectro en las dimensiones de valencia (tanto positiva como negativa) y arousal (Lang, 2005). Así, las imágenes validadas y seleccionadas muestran un gran abanico de contenidos. Entre las imágenes del IAPS es posible encontrar fotografías de animales, objetos de oficina, comida, escenas de violencia, imágenes amenazantes, fotografías eróticas, caras con expresiones faciales determinadas, mutilaciones, accidentes reales, paisajes,

desastres naturales, escenas deportivas, procedimientos quirúrgicos, etc (Moltó et al., 1999). Con la finalidad que las imágenes sean novedosas las imágenes del IAPS no se pueden reproducir en ningún medio, por ello en este documento se presentan dos imágenes análogas a las incluidas en el repositorio (Figura 35).



Figura 35

Ejemplo de dos imágenes de alta activación, con valencia positiva (izquierda) y negativa (derecha), similares a las incluidas en el IAPS

Tomando como referencia el modelo bifásico y bidimensional propuesto por Lang (1995) el IAPS pretende simular, en un entorno controlado de laboratorio, las activaciones cognitivas y reacciones emocionales asociadas a los estímulos que representa. De esta manera, la presentación y procesamiento de las imágenes desencadenará una reacción emocional y cognitiva similar a la reacción que provocaría el estímulo en la realidad. Esta reactividad será medible y cuantificable utilizando técnicas de registro psicofisiológico y medidas subjetivas. En estas premisas se basan todas aquellas técnicas que utilizan simulaciones de estímulos reales en un entorno experimental.

A lo largo del tiempo han ido apareciendo otros bancos de imágenes afectivas alternativos al IAPS como el *Geneva Affective Picture Database* (GAPED) (Dan-Glauser y Scherer, 2011) o el *Nencki Affective Picture System* (NAPS) (Marchewka, Żurawski, Jednoróg y Grabowska, 2014), o incluso

derivados con una finalidad específica como es el caso del *Open Library of Affective Foods* (Miccoli et al., 2014) o el *Geneva Appetitive Alcohol Pictures* (Billieux et al., 2011). A pesar de ello el instrumento desarrollado en Florida sigue siendo el más utilizado por la comunidad científica.

El IAPS ha tenido un gran uso a nivel internacional, es por ello que investigadores de distintos países han realizado su propia validación siguiendo las mismas directrices que en la versión original. Así, existen estudios transculturales y validaciones del IAPS en distintos países y culturas como por ejemplo Bosnia-Herzegovina (Drače, Efendić, Kusturica y Landžo, 2013), Brasil (Lasaitis, Ribeiro, Bueno, 2008), Colombia (Gantiva, Guerra y Vila, 2011), Chile (Silva, 2011), Hungría (Deák, Csenki y Révész., 2010), India (Lohani, Gupta, Srinivasan, 2013), o España (Moltó et al., 1999; Moltó et al., 2013; Vila et al., 2001), cada una con sus propios valores normativos para cada imagen. Se ha observado buena consistencia entre países en los resultados de los valores otorgados a las imágenes del IAPS. La validación española del IAPS, realizada en tres fases (Moltó et al., 1999; Moltó et al., 2013; Vila et al., 2001), muestra unos resultados similares a los observados con muestras americanas. Las imágenes también se distribuyen en forma de boomerang a lo largo del espacio bidimensional formado por las categorías de valencia y arousal.

1.3.4.2. *Caras afectivas*

La presentación de expresiones faciales ha demostrado su efectividad a la hora de provocar una respuesta emocional significativa. Es por ello que esta clase de estímulos han sido ampliamente utilizados para inducir los procesos de evocación y reconocimiento de la emoción. Existen diferentes bases de imágenes de expresiones faciales que han sido validadas en contextos experimentales. Cada set de imágenes posee unas características propias en cuanto a color, iluminación, ángulo, dirección de la mirada, características de los participantes, etc. Resulta necesario tener en cuenta estas variables a la hora de seleccionar las imágenes para una tarea

experimental. A continuación, se presentan algunos de los sets de imágenes de expresiones faciales que más uso han tenido en el campo de la investigación de las emociones.

Uno de los grupos pioneros sobre el estudio de las expresiones y microexpresiones faciales ha sido el liderado por Ekman. Este grupo ha ido elaborando repositorios de caras con expresiones emocionales validadas para su uso en investigación. Actualmente su base de caras Pictures of Facial Affect (POFA) (Ekman y Friesen, 1976) se constituye de 110 fotografías en blanco y negro de distintas expresiones faciales.

Otro de los grupos que han trabajado en la elaboración de un repositorio de rostros con diferentes expresiones faciales ha sido el grupo del Emotion Lab del Instituto Karolinska en Suecia (Lundqvist, Flykt y Öhman, 1998). El Karolinska Directed Emotional Faces (KDEF) comprende fotografías de 70 personas, representando 7 estados emocionales distintos, con 2 imágenes por cada expresión y desde 5 ángulos distintos para un total de 4900 fotografías. Las imágenes presentan una iluminación similar, están centradas y los participantes utilizaron camisas negras para una mayor homogeneidad. Esta base de imágenes también ha sido validada y se elaboró con fines de investigación.

Más recientemente también se han elaborado nuevas bases de fotografías de rostros con expresiones emocionales. Es el caso de NimStim (Tottenham et al., 2009), un set de imágenes elaborado y validado con el propósito de ser usado en investigación. Se compone de un total de 672 imágenes, las cuales presentan a 43 actores y actrices profesionales de distintas razas étnicas (Caucásicos, afroamericanos, asiáticos y latinos). Cada profesional representa una serie de distintas emociones faciales tanto con la boca abierta como con la boca cerrada (Figura 36).

De manera reciente se ha elaborado también el Radboud Faces Database (RaFD) (Langner et al., 2010). Este set estímulos se compone de imágenes de 67 modelos, incluyendo hombres y mujeres caucásicas, niños y

niñas caucásicas y hombres holandeses de origen marroquí. Cada modelo muestra 8 expresiones faciales de emociones diferentes para un total de 536 imágenes. El uso del set se limita a contextos científicos y ha sido validado.



Figura 36

Ejemplos de fotografías del set de caras afectivas NimStim (Tottenham et al., 2009)

1.3.5. *Medidas subjetivas de las emociones*

1.3.5.1. *Diferencial semántico*

Mehrabian y Russell (1974) propusieron las dimensiones de valencia, arousal y dominancia como tres dimensiones independientes para evaluar el estado emocional de forma subjetiva. La valencia correspondería al valor afectivo, positivo o negativo. El arousal describiría el nivel de activación, es decir, la intensidad, independientemente de si esta se debe a estados agradables o desagradables. Y, por último, la dominancia se referiría a la sensación de control y el nivel en el que la persona se siente libre para comportarse. Según estos investigadores, cada una de estas tres dimensiones podía representarse en un continuo cuyos extremos se describirían por una serie de adjetivos. Así, la valencia correspondería al

continuo limitado por adjetivos como feliz-infeliz, contento-enfadado o satisfecho-insatisfecho. El arousal vendría representado entre estimulado-relajado o excitado-calmado. Y la dominancia entre sumiso-dominante o guiado-autónomo. Cada una de estas tres dimensiones se relacionaría con las tres dimensiones de evaluación (valencia), actividad (arousal) y potencia (dominancia), propuestas por Osgood, Suci y Tannenbaum (1957).

1.3.5.2. *Self-Assessment Manikin*

Con el fin de evaluar las dimensiones previamente identificadas por Mehrabian y Russell (1974), Bradley y Lang crearon una escala visual para que los sujetos cuantificaran de forma subjetiva cada uno de los estímulos. Con este objetivo se creó el *Self-Assessment Manikin* (SAM) (Figura 37) (Bradley y Lang, 1994).

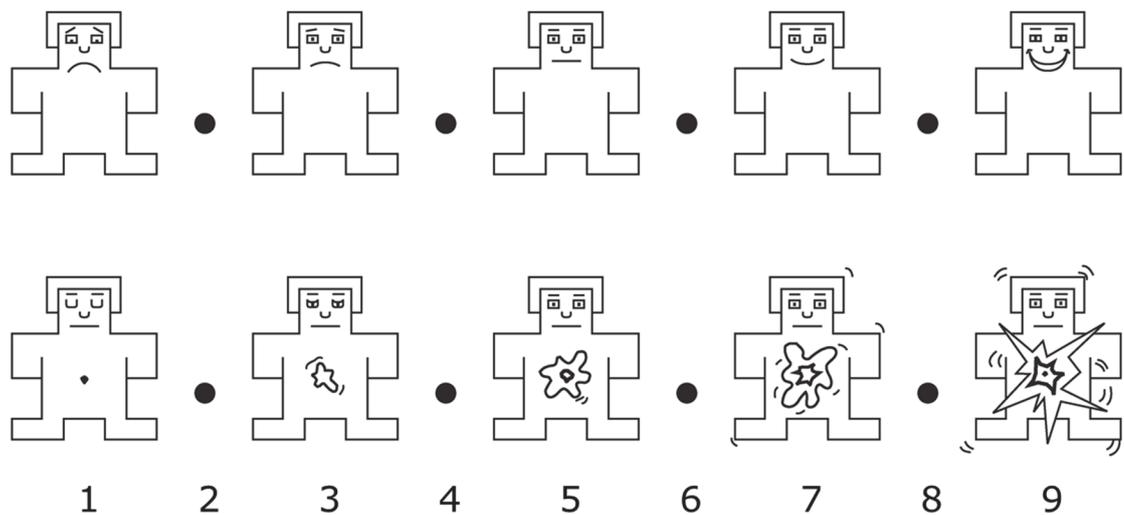


Figura 37

Figuras gráficas utilizadas para evaluar las dimensiones de valencia (arriba) y arousal (debajo) utilizando el *Self-Assessment Manikin* (SAM, Bradley y Lang, 1994)

El SAM es una escala no verbal, con 9 opciones de respuesta para cada una de las dimensiones. Para cada dimensión se muestran cinco figuras humanoides que representan el valor que se quiera otorgar en cada

respuesta. En la escala de valencia se muestra una figura muy feliz en un extremo y muy triste en el opuesto. En la escala de arousal se muestra una figura completamente activada por un lado y totalmente calmada en contrario. Los sujetos pueden responder sobre la figura que mejor represente su reacción o sobre los cuatro espacios que quedan entre las figuras. La principal ventaja de las escalas gráficas sobre las escritas es la nula influencia léxica, puesto que un mismo término (o su traducción) puede tener significados distintos según la cultura. Esto aumenta la validez de los resultados utilizando la escala SAM. Utilizando imágenes estáticas, la dimensión de dominancia ha mostrado una alta correlación con la valencia, es por ello que grupos como el liderado por Lang han mostrado poco interés en incluir esta dimensión en sus investigaciones. Resultará más interesante tener en cuenta la dimensión de dominancia en aquellas investigaciones que utilicen estímulos dinámicos o interactivos (Bradley, Greenwald y Hamm, 1993).

Tabla 5

Resultados de análisis factorial y correlaciones entre las escalas de diferencial semántico y Self-Assessment Manikin (Adaptado de Lang y Bradley, 1994)

Diferencial semántico	Factor 1 "Valencia"	Factor 2 "Arousal"	Correlación con valencia en SAM	Correlación con arousal en SAM
<i>Infeliz-Feliz</i>	.91	.06	.98	
Irritado-Satisfecho	.88	.07	.99	
Desesperado-Esperanzado	.86	.06	.97	
Insatisfecho-Satisfecho	.87	.14	.96	
Melancólico-Contento	.73	.10	.96	
<i>Excitado- Tranquilo</i>	.05	.83		.90
Soñoliento-Despierto	-.05	.81		.91
Aburrido-Nervioso	-.21	.79		.92
Calmado-Emocionado	-.18	.79		.91
Relajado-Estimulado	-.21	.77		.94
Lento-Frenético	-.27	.77		.90

Los resultados obtenidos con el SAM han sido comparados con los datos recogidos utilizando el diferencial semántico de Mehrabian y Russell (Bradley

y Lang, 1994). Los resultados muestran una alta correlación entre los dos instrumentos, demostrando la validez del SAM para evaluar las principales dimensiones afectivas. El análisis factorial de las correlaciones remarca los dos factores de valencia y arousal como aquellos que mayor parte de la varianza explican (Tabla 5).

1.3.6. *Medidas objetivas de las emociones*

Existen diferentes variables psicofisiológicas asociadas al proceso emocional que podemos cuantificar gracias a los sistemas de registro actuales. De forma global, estas variables psicofisiológicas se clasificarían en dos grandes grupos: medidas periféricas (asociadas al sistema nervioso periférico) y medidas centrales (asociadas al sistema nervioso central). A continuación, se comentan algunas de las medidas más utilizadas en cada uno de los dos grupos.

1.3.6.1. *Medidas periféricas*

1.3.6.1.1. *Actividad electrodérmica*

La actividad electrodérmica (EDA) es una medida utilizada para medir los cambios en la sudoración de la piel asociados al proceso emocional (Khalifa, Isabelle, Jean-Pierre, y Manon, 2002; Mardaga, Laloyaux, y Hansenne, 2006; Sequeira, Hot, Silvert, y Delplanque, 2009). Las glándulas sudoríparas tienen inervaciones directas del sistema nervioso simpático, sin tener influencia las activaciones a nivel parasimpático. Es por ello una buena medida para observar estados de activación que se producen incluso a nivel inconsciente. Cuando existe activación simpática la piel secreta sudor, modificando las propiedades eléctricas de la superficie. La concentración de sales que presenta el sudor hace que, cuando exista una activación, el nivel de conductancia eléctrica de la piel aumente. Para detectar estos cambios se mide el potencial eléctrico entre dos puntos de la piel, aplicando una

corriente eléctrica entre ellos y calculando la diferencia de potencial. Con esta diferencia se calcula el nivel de conductancia eléctrica de la piel entre esos puntos. Es necesario colocar los electrodos en alguna zona que presente una buena concentración de glándulas sudoríparas, como por ejemplo las falanges de los dedos o la palma de la mano. La actividad electrodérmica comprende cambios tanto a nivel tónico [Nivel de conductancia de la piel (SCL)] como a nivel fásico [(Respuestas de conductancia de la piel (SCR))] (Vila y Guerra, 2009).

1.3.6.1.2. *Electromiografía facial*

La respuesta involuntaria de los músculos faciales se relaciona de forma significativa con el estado emocional que sentimos (Dimberg, Thunberg, y Elmehed, 2000; Guerra, Sánchez-Adam, Anllo-Vento, Ramírez y Vila, 2012; Vrana, 1993). Una de las formas más utilizadas para cuantificar la respuesta de estos músculos es la electromiografía facial. A través de dos electrodos es posible medir la respuesta eléctrica producida por la activación de un músculo y relacionarlo con la respuesta emocional asociada. Los dos músculos faciales más utilizados para registrar este tipo de medida son el músculo cigomático y el corrugador. El primero se enlaza de forma lateral con las comisuras de los labios y se activa cuando sonreímos, es por ello que su activación se relaciona con un estado emocional positivo. Por su parte el corrugador se encuentra en la frente, encima de las cejas y se activa cuando fruncimos el ceño. Las activaciones e inhibiciones de estos dos músculos se han asociado de forma consistente a tales estados emocionales.

1.3.6.1.3. *Reflejo de sobresalto*

El reflejo de sobresalto (Startle reflex) es una medida psicofisiológica utilizada para evaluar el estado emocional interno del sujeto a través de la administración de un estímulo sorpresivo y la correspondiente medición de la respuesta de parpadeo (Vrana, Spence, y Lang, 1988; Lang, Bradley, y

Cuthbert, 1990; Larson, Euffalo, Nietert, y Davidson, 2000). Para producir la respuesta de sobresalto se administra de forma inesperada un estímulo, generalmente auditivo, de alta intensidad (95-105 db) y poca duración (50 ms). La fuerza de la respuesta palpebral se obtiene a través de la respuesta electromiográfica registrada con unos electrodos colocados en el músculo orbicularis oculi. La Figura 38 representa un esquema de la colocación de los electrodos para registrar la señal electromiográfica de parpadeo que conlleva el sobresalto.

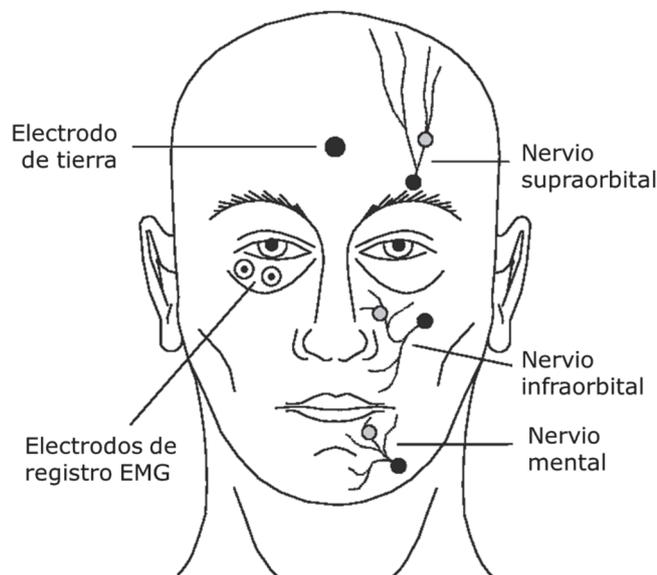


Figura 38

Posición de los electrodos para registrar la señal de parpadeo y localización los electrodos estimuladores del nervio trigémino (Adaptado de Blumenthal et al., 2005).

El reflejo de sobresalto también puede ser elicitado mediante la estimulación de las diferentes ramas sensoriales del nervio trigémino (supraorbital, infraorbital y mental). Generalmente la división del nervio más utilizada para evocar tal estimulación es la supraorbital (Blumenthal et al., 2005). La Figura 38 también representa cada división del nervio y la posición de los electrodos de estimulación (Los cátodos están representado con un círculo negro y los ánodos con un círculo gris).

La magnitud del parpadeo se relaciona con la valencia emocional de la situación en función del tipo de estímulo. En paradigmas de visualización

pasiva de imágenes, las imágenes que provoquen un estado emocional negativo aumentarán la respuesta de sobresalto en comparación a un estado emocional neutro. En cambio, las imágenes que provoquen un estado emocional positivo modularán el sobresalto de forma inhibitoria respecto a las neutras. En contextos distintos, como en los paradigmas de imaginación, este patrón se ve alterado, dependiendo tanto de la valencia como del nivel de procesamiento que produzca el estímulo (Lucas, Sánchez-Adam, Vila y Guerra, 2019; Miller, Patrick y Levenston, 2002; Vrana y Rollock, 2002).

1.3.6.1.4. *Actividad cardíaca*

La actividad cardíaca es otra de las medidas más utilizadas para medir el estado emocional (Critchley et al., 2005; Elliott, 2017; Schandry, 1981). Existen diversos métodos para mesurar la respuesta cardíaca. Uno de ellos es la pletismografía de pulso, en la cual se miden los cambios de presión en un vaso sanguíneo del cuerpo, generalmente de las extremidades, con ello se registra con qué frecuencia el corazón produce sus latidos. Esta medida no es del todo exacta ya que desde que la sangre sale del corazón hasta que alcanza los vasos periféricos existe un recorrido que puede estar influenciado por otras variables como la temperatura o la presión de los vasos sanguíneos. Para obtener una medida más exacta de la actividad cardíaca se recomienda registrar el electrocardiograma, una medida eléctrica que registra los cambios de potencial cardíacos relacionados directamente con los latidos del corazón. Para obtener una medida exacta de pulso generalmente se utiliza la frecuencia ocurrida entre las ondas R del electrocardiograma (ECG).

La respuesta del pulso da mucha información acerca del estado emocional, puesto que el corazón recibe inervaciones tanto del sistema nervioso simpático como del parasimpático. Por ello un elemento que produzca interés generalmente producirá una deceleración inicial asociada a una respuesta orientativa, y si ese elemento es altamente activante, tanto de manera positiva como negativa, producirá una posterior aceleración del pulso asociada al sistema nervioso simpático.

1.3.6.2. *Medidas centrales*

1.3.6.2.1. *Electroencefalograma*

Una de las medidas más clásicas, pero todavía muy vigentes para estudiar las activaciones relacionadas con el proceso emocional que se producen a nivel cerebral es el electroencefalograma (EEG) (Coan y Allen, 2004; Ray y Cole, 1985). El EEG mide los cambios a nivel de potencial eléctrico producidos por las sinapsis situadas en la corteza cerebral. Para ello se colocan electrodos en las zonas de la cabeza que se pretenden analizar. La principal ventaja que presenta esta técnica es su alta resolución temporal, al estar registrando en vivo las señales eléctricas producidas por las sinapsis.

1.3.6.2.2. *Resonancia magnética funcional*

Otra de las técnicas más utilizadas para estudiar las activaciones cerebrales asociadas al procesamiento emocional es la resonancia magnética funcional (fMRI) (Koelsch, Fritz, Cramon, Müller y Friederici, 2006; Ochsner, Bunge, Gross y Gabrieli, 2002; Vila et al, 2019; Vuilleumier, Armony, Driver y Dolan, 2001). La fMRI registra los cambios en la oxigenación a través de la señal BOLD. Es considerada por tanto una señal hemodinámica, puesto que los cambios que registra son medidas indirectas de activación. La principal ventaja de esta técnica es que permite registrar zonas subcorticales en vivo de manera no invasiva.

1.3.6.2.3. *Espectroscopia funcional de infrarrojo cercano*

La espectroscopia funcional de infrarrojo cercano (fNIRS) también se puede utilizar para estudiar los procesos emocionales (Balconi, Grippa y Vanutelli, 2015; Leon-Carrion et al., 2006; Plichta et al., 2011). Las características y usos de esta técnica se explican detalladamente en el apartado 1.1. de esta tesis.

1.4. Funciones ejecutivas

1.4.1. *Concepto y definición*

Las funciones ejecutivas se definen como una serie de mecanismos que permiten optimizar los procesos cognitivos, asociando ideas más simples y permitiendo resolver problemas de alta complejidad cognitiva (Tirapu-Ustarroz, Muñoz-Céspedes y Pelegrín-Valero, 2005). A nivel neuroanatómico se localizan en las áreas frontales y prefrontales, pero su influencia es principalmente llevada a cabo a través de las conexiones que presentan tales estructuras con otras zonas cerebrales.

El primer autor que introdujo el concepto de funciones ejecutivas fue Alexander Luria (1976). Sin mencionar todavía el término como tal, Luria hizo referencia a una serie de mecanismos cognitivos que se encontraban dañados en pacientes con afectación frontal. Estas personas presentaban déficits motivacionales, de toma de decisiones y problemas a la hora de resolver situaciones que requerían una planificación compleja. Más adelante, la neuropsicóloga estadounidense Muriel Lezak propuso el término "funciones ejecutivas" (Lezak, 1982). Dicho concepto hacía referencia a aquellos mecanismos que permitían la planificación de tareas complejas con la finalidad de lograr un objetivo determinado.

Las funciones ejecutivas juegan un papel clave en la adaptación social, emocional, intelectual y en los procesos de toma de decisiones que se presentan constantemente en la vida diaria. En consecuencia, un déficit en dichas funciones puede suponer un hándicap significativo en el desarrollo vital de un individuo (Serenó, Babin, Hood y Jeter, 2009). Estos déficits pueden ocasionarse, o bien por un infradesarrollo de estos mecanismos, o bien por una lesión debida a traumatismos, enfermedades neurodegenerativas o accidentes cerebrovasculares.

Las funciones ejecutivas son un concepto ampliamente aceptado en la literatura. Existe una gran variedad de mecanismos mediante los cuales las

funciones ejecutivas pueden modular los procesos cognitivos. Sin embargo, existe una clasificación, aceptada por gran parte de la comunidad científica, que engloba los tres principales tipos de funciones ejecutivas (Diamond, 2013): Control inhibitorio, Memoria de trabajo y Flexibilidad cognitiva.

1.4.2. *Control inhibitorio*

El control inhibitorio implica resistirse al impulso automático de actuar y, en su lugar, hacer aquello que resulte más apropiado o que pueda tener una gratificación mayor. Esto implica muchas veces no hacer aquello que apetece en cada momento (Diamond, 2013). En control inhibitorio resulta adaptativo, pues impide que un individuo sea presa de sus impulsos, y que pueda dejar de responder de forma automática a un impulso. En control inhibitorio puede llevarse a cabo sobre conductas visibles como las respuestas motoras, pero también puede aplicarse sobre aspectos cognitivos, como el control atencional o el control a nivel de pensamientos. Sin este mecanismo de control seríamos seres que actuarían de forma automática, dejándonos llevar impulsivamente en cada momento. Como ocurre con las demás funciones ejecutivas, el control inhibitorio no está optimizado en las primeras etapas de la vida, es por ello que las personas más jóvenes tienden a dejarse llevar más por sus impulsos, presentando más dificultad para inhibir tales conductas.

1.4.3. *Memoria de trabajo*

Otra de las principales funciones ejecutivas es la memoria de trabajo. Esta función representa la capacidad de almacenar y procesar una cantidad limitada de información durante un breve periodo de tiempo (Hakun y Johnson, 2017; Wang et al., 2019). Aunque el término se había utilizado con anterioridad, la primera vez que se presentó el concepto de memoria de trabajo en una forma similar a la que se conoce actualmente fue en los años 70. Alan Baddeley y Graham Hitch (1974) trataron de explicar el

funcionamiento de la memoria a través de un modelo que englobaba la memoria operativa y la memoria de trabajo en un solo concepto, diferenciando tales procesos de la memoria a largo plazo. En la versión más reciente del modelo, la memoria de trabajo presenta tres subsistemas de procesamiento (Agenda visoespacial, buffer episódico y bucle fonológico), todos ellos controlados por un ejecutivo central (Figura 39).

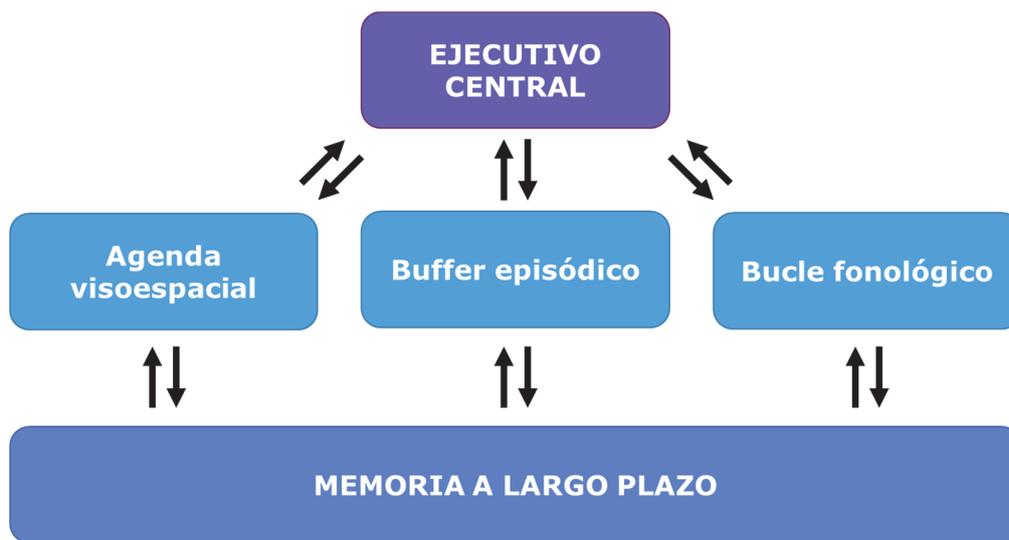


Figura 39

Modelo de memoria de trabajo de Baddeley (2000)

La agenda visoespacial procesaría los estímulos visuales y espaciales, almacenando y procesando esta información. Por su parte, el bucle fonológico se encargaría de procesar toda la información sonora y auditiva. Como tercer componente, el buffer episódico almacenaría de forma temporal la información proveniente de distintos canales (Visual, espacial, verbal...), sirviendo de nexo de unión. Todos estos mecanismos funcionarían en conexión con la memoria a largo plazo, almacenando y recuperando la información relevante para cada situación. El ejecutivo central se encargaría de controlar todos estos mecanismos, siendo una de sus principales funciones modular el foco atencional, dirigiendo los recursos a los procesos que considerara relevantes en cada momento (Baddeley, 2000).

1.4.4. *Flexibilidad cognitiva*

La flexibilidad cognitiva está considerada como otra de las principales funciones ejecutivas. Esta capacidad se encarga de ir adaptando la respuesta a las demandas cambiantes del entorno. Las personas con baja capacidad de flexibilidad cognitiva no responden correctamente a los cambios, de forma que no son capaces de adaptarse correctamente a una nueva situación (Diamond, 2013).

1.4.5. *Evaluación de las funciones ejecutivas*

La evaluación de las funciones ejecutivas tiene una gran importancia a la hora de evaluar las capacidades y el nivel de desarrollo de una persona. Las funciones ejecutivas son capacidades abstractas, puesto que no hacen referencia a ninguna situación particular, sin embargo, resultan cruciales en el día a día de un individuo. Por lo tanto, la evaluación de estas capacidades tiene muchas aplicaciones desde el punto de vista psicológico. Por ejemplo, la ejecución en tareas que impliquen las funciones cognitivas se usa para evaluar el posible deterioro cognitivo causado por factores como el envejecimiento o una lesión o enfermedad cerebral (Leskelä et al., 1999). De igual forma, el nivel de funciones ejecutivas presente en una persona joven puede servir para medir el grado de desarrollo de estas capacidades (Brocki y Bohlin, 2004). Asimismo, se ha observado como la ejecución en tareas que impliquen las funciones ejecutivas se relaciona con una mejor adaptación al entorno en la vida adulta (Cahn-Weiner, Boyle y Malloy, 2002). Un déficit considerable en algún aspecto de las funciones ejecutivas puede conllevar una predisposición a padecer distintos trastornos mentales (Friedman et al., 2008). Cada una de las principales funciones específicas hace referencia a procesos mentales concretos. Es por ello que, a lo largo del tiempo, se han ido diseñando pruebas específicas para cada una de estas funciones. A continuación, se exponen algunas de las tareas más utilizadas para evaluar las tres funciones cognitivas principales. En la Tabla 6 se exponen algunas de estas tareas.

Una de las pruebas más famosas para evaluar el control inhibitorio es la prueba del malvavisco, realizada entre los años 60 y 70 en la Universidad de Stanford (Mischel, Ebbesen y Raskoff Zeiss, 1972). En esta prueba se planteaba a niños de entre 3 y 5 años una situación en la que debían elegir entre una recompensa menor instantánea o una recompensa mayor, pero más adelante. Tras explicar esto al niño, se le dejaba solo en una habitación, con un malvavisco o un pretzel delante. Tras 15 minutos el experimentador volvía a entrar en la sala. Aquellos niños que no se habían comido el premio recibían dos premios como recompensa. Otra de las principales tareas utilizadas para medir la capacidad de inhibición es el paradigma Go/No-Go (Nieuwenhuis, Yeung, Van Den Wildenberg y Ridderinkhof, 2003), en el que se pide a los participantes que emitan una respuesta ante una serie de estímulos, pero no ante un estímulo determinado, provocando que tengan que inhibir su respuesta. La tarea de Stroop (1935) sería otro ejemplo de tarea influenciada por el control inhibitorio. En ella se pide a los participantes que vean una serie de nombres de colores ("ROJO", "AZUL", "VERDE", etc) y que indiquen en que color está escrita la palabra. Esta tarea hace que se tenga que inhibir el impulso automático de decir la palabra presentada para contestar de forma correcta al color de la tinta.

También existen paradigmas específicos para evaluar la memoria de trabajo. Uno de ellos, el paradigma de Sternberg (1966), presenta una serie de elementos (Por ejemplo, letras o números) para su memorización. Tras un breve periodo de mantenimiento se presentan elementos uno a uno y el participante debe decir si el elemento presentado se encontraba o no en la lista anteriormente memorizada. Este paradigma incluye fases de codificación, mantenimiento y recuperación de la información. Otra de las tareas de memoria de trabajo es la N-Back (Kirchner, 1958). En ella se presentan elementos uno a uno y el participante debe indicar cuando un objeto es igual a otro anteriormente presentado N posiciones anteriores. Por ello se deben ir memorizando elementos, actualizándolos y comparándolos con el último elemento presentado. Las tareas de recuerdo de dígitos o números inversos sería otro ejemplo de tarea que evalúa la memoria de trabajo. Se presenta una serie y el participante debe responder con la misma

serie, pero en un orden inverso, provocando que deba memorizar, pero a la vez deba realizar una manipulación de estos elementos almacenados para darles la vuelta.

La flexibilidad cognitiva también dispone de métodos específicos para su evaluación. Posiblemente el más conocido de ellos es la Tarea de Ordenación de Cartas de Wisconsin (Grant y Berg, 1948). En ella se pide a los participantes que vayan ordenando cartas en una serie de mazos. Las cartas tienen distintas propiedades, como el tipo de elemento que aparece, su color o el número de elementos. La tarea les va indicando si eligen el mazo correcto, y este viene determinado cada vez por una propiedad de la carta. La propiedad va cambiando con la tarea sin avisar al participante, por lo que la estrategia para elegir el mazo correcto también cambia. Esto hace que los participantes tengan que ir modificando su estrategia con respecto a las demandas cambiantes del juego. Asimismo, otra de las tareas que evalúan la flexibilidad cognitiva es el Trail Making Test (Reitan y Wolfson, 1992). En esta tarea los participantes deben ir uniendo una serie de puntos lo más rápidamente posible siguiendo un patrón o una estrategia. Nuevamente esta estrategia va cambiando con la tarea, por lo que la persona debe ir adaptándose a una nueva demanda cada vez.

Tabla 6

Algunos métodos para evaluar las distintas Funciones Ejecutivas

Funciones Ejecutivas	Pruebas
Control inhibitorio	- Prueba del malvavisco - Tarea Stroop - Go/No-Go
Memoria de trabajo	- Sternberg Working MemoryTask - N-Back - Recuerdo de dígitos/letras inversos
Flexibilidad cognitiva	- Wisconsin Card Sorting Test - Trail Making Test

1.4.6. Funciones ejecutivas y estructuras frontales

Las estructuras cerebrales más asociadas a las funciones ejecutivas están localizadas en las áreas frontales, siendo la corteza prefrontal el área más relacionada con estos procesos. La corteza prefrontal está situada en la parte más rostral del lóbulo frontal. Es una estructura compleja, formada por distintas subáreas e interconectada de forma bidireccional con otras zonas cerebrales. Dichas conexiones forman redes neuronales que han ido progresando a lo largo de la evolución filogénica del ser humano y son clave en las funciones ejecutivas. La Figura 40 muestra una comparación de la corteza prefrontal humana con esta misma estructura en otras especies de seres vivos. La mayor complejidad de la corteza prefrontal del ser humano no se debe tanto al desarrollo de sus cuerpos neuronales (sustancia gris), sino a la evolución de sus conexiones (sustancia blanca) (Fuster, 2014).

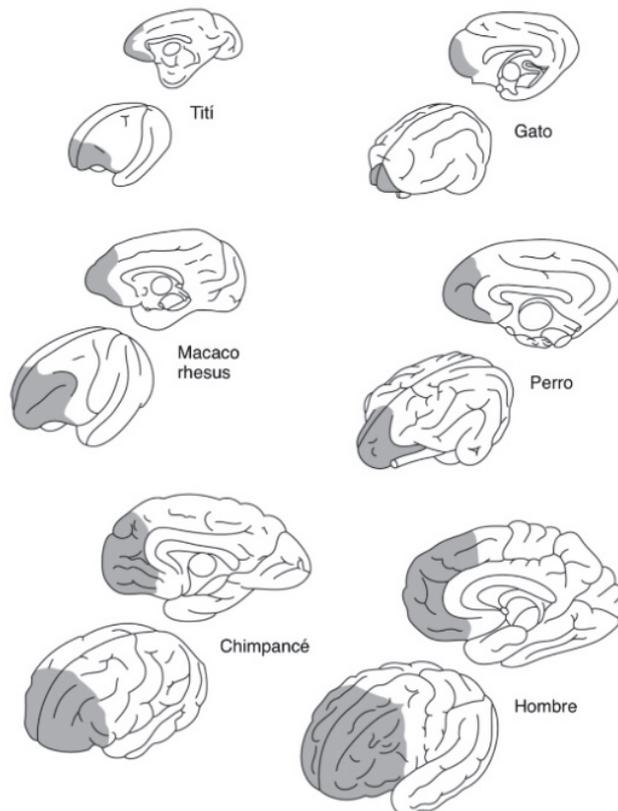


Figura 40

Tamaño relativo de la corteza prefrontal en diferentes especies (Fuster, 2014)

La corteza prefrontal no se encarga directamente de ninguna necesidad vital básica del organismo. Sin embargo, una lesión en esta estructura puede ocasionar graves déficits de adaptación en la conducta. El accidente de Phineas Gage es posiblemente el caso más famoso de lesión neurológica. La lesión se produjo en 1848, una barra de metal atravesó su cráneo, entrando por la parte inferior de la mejilla y saliendo por la parte superior de la cabeza. Afortunadamente el accidente no le costó la vida, no obstante, sí afectó a gran parte de su lóbulo frontal, especialmente a la corteza orbitofrontal (Damasio, Grabowski, Frank, Galaburd y Damasio, 1994). En consecuencia, Gage presentó desde entonces una respuesta emocional alterada, así como falta de remordimientos, ausencia de planificación y, por ende, una personalidad diferente, siendo su conducta mucho más impulsiva (Bechara, Tranel y Damasio, 2002). El caso destaca la importancia de las estructuras frontales en los procesos emocionales y de toma de decisiones. Asimismo, es un ejemplo de como una alteración en estas estructuras puede afectar a la personalidad y la conducta de un individuo. Sin duda la lesión afectó a su capacidad de modular sus respuestas de acuerdo a unos objetivos socialmente adaptativos. En consecuencia, su calidad de vida se vio gravemente mermada, sus relaciones personales afectadas y sufrió problemas en el trabajo. A pesar de ser una persona responsable antes del accidente, tras sufrirlo pasó a presentar una serie de déficits a la hora de organizarse y planificar. Este accidente resultó clave a la hora de destacar la importancia de las estructuras frontales en las funciones ejecutivas.

Los procesos ejecutivos se relacionan con la actividad de la corteza prefrontal (Braver et al., 1997; Cohen et al., 1997). Sin embargo, no todas las áreas de la corteza prefrontal tienen la misma relevancia en todas las funciones mentales. Un ejemplo de esta relativa especificidad se encuentra en como las estructuras dorsolaterales de la corteza prefrontal se asocian de forma directa con procesos ejecutivos como la memoria de trabajo, atención selectiva, el autocontrol o la flexibilidad cognitiva (MacDonald, Cohen, Stenger y Carter, 2000). Por su parte, las estructuras ventrolaterales se relacionan más con funciones de inducción y regulación emocional (Marqués, Morello y Boggio, 2018).

1.5. Estudios con fNIRS y variables psicológicas

Como se ha descrito en los apartados anteriores de esta sección introductoria, muchas variables psicológicas se relacionan de forma directa con activaciones corticales, tanto en funciones cognitivas, procesos emocionales o en rasgos de personalidad. Uno de los métodos utilizados para estudiar estos procesos es la espectroscopia funcional de infrarrojo cercano (fNIRS). A continuación, se describen algunos de los resultados en psicología recogidos en la literatura mediante el uso de esta técnica. Varios estudios presentan variables de varios campos, por lo que la clasificación de estos estudios se ha realizado en función de la variable que se consideraba de principal interés por los investigadores. A continuación, presentamos una síntesis de estudios realizados con la técnica de fNIRS y estas variables.

1.5.1. *Estudios de fNIRS y funciones cognitivas*

La cognición se define como los procesos mentales mediante los cuales inputs externos o internos son transformados, reducidos, elaborados, almacenados, recuperados y usados (Neisser, 1967). Incluye gran variedad de funciones como la memoria, la atención, la percepción, la toma de decisiones, la imaginación o la ejecución de acciones controladas. Todos estos procesos están relacionados con distintas estructuras cerebrales y, por ende, se pueden estudiar utilizando técnicas que permitan analizar las activaciones en dichas estructuras.

La espectroscopia funcional de infrarrojo cercano ha demostrado ser una técnica eficaz para estudiar distintas funciones cognitivas. La mayoría de estas funciones se relacionan con activaciones en la corteza prefrontal, el área más accesible utilizando esta clase de dispositivos, siendo este uno de las principales razones por las que los procesos cognitivos han sido uno de los principales focos de estudio por los investigadores especializados en el uso de técnicas espectroscópicas. En la Tabla 7 se recogen algunos de los principales estudios sobre fNIRS y funciones cognitivas.

En un estudio utilizando estas técnicas, Masui, Kashino y Nomura (2009) midieron la actividad prefrontal de 20 participantes durante la realización de una tarea Go/No-Go. Para ello utilizaron un módulo de espectroscopia de dos canales situados en la frente de los participantes de forma bilateral. La tarea incluía un feedback mediante el cual se informaba al participante si su respuesta era correcta o incorrecta, sumando o restando puntos en consecuencia. Antes de la prueba se informó a los participantes que se les gratificaría en función de la puntuación total de la prueba, creando así un paradigma de refuerzo/castigo. Sus resultados mostraron variaciones en la corteza prefrontal ventrolateral derecha en función de las condiciones de refuerzo/castigo, mostrando como esta estructura se relaciona con tales procesos y con las funciones de inhibición de respuesta y la impulsividad. Los resultados fueron consistentes con las evidencias recogidas en estudios previos con resonancia magnética funcional acerca de dichos procesos.

Tan importante como los procesos conscientes son los procesos que ocurren de forma automática cuando no existe una alta demanda cognitiva. En esta línea, Lu et al. (2010) analizaron la conectividad funcional en estado de reposo mediante un dispositivo de espectroscopia de 52 canales cubriendo todas las áreas sensoriomotoras de la corteza de forma bilateral. Se analizó la conectividad de 29 participantes mediante las variables de hemoglobina oxigenada, hemoglobina desoxigenada y hemoglobina total. Los resultados mostraron correlaciones significativas de estas tres variables hemodinámicas con los patrones de conectividad observados en reposo. Tales resultados corroboran además la validez de los dispositivos ópticos para analizar patrones de conectividad funcional en las áreas estudiadas.

En otra investigación, Wu, Gao, Chen, Li y He (2018) analizaron también la conectividad funcional en estado de reposo en 77 participantes, 62 de los cuales eran personas sanas y 15 con algún problema de sueño o afectivo. Para ello se utilizó un dispositivo de 42 canales que cubría toda la zona prefrontal. Como se ha indicado al comienzo de este capítulo, la corteza prefrontal está relacionada con las principales funciones cognitivas superiores. Distintos patrones de conectividad funcional en esta área podrían

ser señal de problemas en procesos cognitivos, sirviendo como biomarcadores de disfunciones a nivel psicológico. Los resultados señalaron al giro frontal inferior como el área prefrontal que mejor predijo la estabilidad de la conectividad en estado de reposo. Seis participantes sanos realizaron además un registro cada día durante siete días consecutivos, con la finalidad de estudiar la estabilidad de estos patrones de conectividad de forma longitudinal. Los análisis longitudinales no mostraron diferencias, demostrando la posibilidad de analizar los patrones de conectividad en reposo en una sola sesión.

Las diferencias en la conectividad en estado de reposo podrían estar relacionadas con el entrenamiento y la práctica de las funciones ejecutivas superiores. La meditación mindfulness se considera una forma de entrenamiento de tales funciones, así como una técnica para mejorar el estado emocional. Gundel et al. (2018) han publicado recientemente un estudio comparando los cambios hemodinámicos ocurridos en la corteza prefrontal entre un grupo de meditadores y un grupo control. Se utilizó un sistema de espectroscopia funcional de infrarrojo cercano de 44 canales, cubriendo las áreas frontotemporales de ambos hemisferios. Los registros se realizaron en dos condiciones, en estado de reposo y durante la práctica formal de mindfulness. Los expertos meditadores mostraron mayores activaciones durante el estado de reposo en el hemisferio izquierdo y también mayores activaciones durante la práctica de mindfulness en el hemisferio derecho. En la condición de reposo el grupo de meditadores mostró un patrón de activación más extendido en la corteza auditiva que el grupo control. En la condición de mindfulness, el grupo control mostró un decremento en activación en áreas auditivas superiores (Áreas de Brodmann 1, 6 y 40), mientras que el grupo de meditadores mostró un incremento en la activación de estas áreas en esta condición. El grupo de expertos meditadores mostró además una mayor activación en las Áreas de Brodmann 39, 40, 44 y 45, independientemente del estado de meditación, indicando un posible efecto a largo plazo de la meditación en los patrones de activación cerebrales. Los autores hipotetizan que estos cambios podrían estar relacionados con una

mayor empatía, mejores habilidades metacognitivas y un posible efecto beneficioso para su salud.

Las funciones cognitivas superiores incluyen procesos como la atención sostenida, el cambio atencional, el control inhibitorio la sensibilidad perceptual. Todos estos procesos se relacionan con el control consciente de tales funciones superiores. El estudio del control cognitivo es de gran interés para los investigadores dada su influencia en muchos de los procesos mentales como la memoria, la atención o el control emocional. El control cognitivo se relaciona comúnmente con redes de activación a nivel prefrontal. Fekete, Beacher, Cha, Rubin y Mujica-Parodi (2014) realizaron una investigación utilizando un sistema de espectroscopia funcional para medir las activaciones a nivel prefrontal de 44 niños y niñas de entre 3 y 5 años durante la realización de una tarea que requería de un esfuerzo cognitivo. Las capacidades de control cognitivo se evaluaron utilizando el Cuestionario de Comportamiento Infantil (CBQ). Las puntuaciones menores en control cognitivo se relacionaron con redes de activación a nivel prefrontal afectadas. Los autores remarcan la importancia de evaluar estas capacidades cognitivas superiores dado que un bajo control cognitivo podría estar relacionado con una tendencia a desarrollar problemas de ansiedad, trastornos afectivos o trastorno de déficit de atención con hiperactividad.

Una de las tareas clásicas más utilizadas para estudiar las funciones cognitivas superiores es la tarea Stroop (MacLeod, 1991). Esta tarea se fundamenta en el efecto Stroop, una evidencia del efecto de la interferencia cognitiva en el tiempo de reacción y la ejecución de una tarea (Stroop, 1935). Skurvydas et al. (2018) publicaron un estudio que utilizaba un dispositivo de espectroscopia funcional para analizar las activaciones en la corteza cerebral durante la realización de una tarea Stroop en función de variables Go/No-Go, una tarea de riesgo de globo análogo (Balloon Analogue Risk Task, BART), puntuaciones en impulsividad, tests de funciones cognitivas, decisiones morales, tareas motoras, rasgos de carácter, inteligencia emocional, el estado de ánimo, el sueño, el estrés percibido y la actividad física de los participantes. La tarea Stroop utilizada fue la clásica, compuesta por tres

fases. En una primera parte los participantes deben leer una serie de nombres de colores escritos en tinta negra, en una segunda fase deben nombrar el color de los símbolos "XXXX" presentados en rojo, verde o azul, y por último deben nombrar el color de la tinta de esos mismos colores, siendo incongruente este color con el nombre del color presentado. Con estas tres condiciones se puede cuantificar el efecto que produce la interferencia en la velocidad y en el rendimiento de los participantes. En este estudio se analizaron los datos de 20 participantes. El análisis de los cambios en oxigenación abarcaba toda el área de la corteza prefrontal a través de 16 canales de registro. Las variables que correlacionaron positivamente con la activación de la corteza prefrontal durante la realización de la tarea Stroop fueron la velocidad y precisión de la respuesta, el control inhibitorio, el rendimiento cognitivo, la toma de riesgos, la impulsividad, el control emocional, la responsabilidad y la actividad física.

Otra de las funciones cognitivas por la que más interés han mostrado los investigadores ha sido la memoria de trabajo. Una definición general de la memoria de trabajo hablaría de la capacidad para mantener y manipular una cantidad limitada de información relevante para una tarea determinada (Baddeley, 2000). El interés en el estudio de este proceso hace que exista un gran cuerpo de literatura sobre este proceso que utiliza técnicas ya contrastadas como la resonancia magnética funcional. Es por ello que resulta interesante analizar las activaciones cerebrales asociadas a la memoria de trabajo comparando los resultados obtenidos con resonancia magnética funcional con los recogidos mediante espectroscopia. En este sentido, Sato et al. (2013) realizaron una investigación utilizando ambas técnicas de forma simultánea. 27 participantes realizaron una tarea verbal de memoria de trabajo mientras se observaba la actividad hemodinámica de su corteza prefrontal. Los registros mostraron correlación entre las activaciones obtenidas mediante espectroscopia y la señal BOLD obtenida con la resonancia magnética funcional. Esta evidencia apoya el uso de la técnica de espectroscopia para registrar los cambios hemodinámicos ocurridos en la corteza prefrontal durante tareas con una alta carga cognitiva.

Como se ha comentado previamente, la corteza prefrontal se relaciona con multitud de procesos cognitivos superiores. Una de las funciones cognitivas más compleja sería la toma de decisiones, pues implica la valoración de alternativas en términos de las preferencias y sus probabilidades (Weber, 1994). Una de las tareas más utilizadas en la investigación en psicología para evaluar procesos de toma de decisiones es la Iowa Gambling Task (Bechara Damasio, Tranel y Damasio, 2005). Esta tarea consiste en cuatro mazos de cartas de los cuales los participantes deben ir extrayendo cartas una a una. Cada una de las cartas que extraen tiene un valor, el cual puede sumar o restar al total de ganancias que lleven acumulado. No se da ninguna otra instrucción a los participantes. Dos de los mazos incluyen cartas con mayores ganancias, pero también con mayores pérdidas, mientras que los otros dos incluyen cartas con ganancias menores, pero también pérdidas más pequeñas. Los primeros son considerados de mayor riesgo, y el valor total del mazo, contando ganancias y pérdidas es negativo. Mientras que los otros dos son considerados de un menor riesgo y su valor sumado resulta positivo.

En una investigación realizada recientemente por Li et al. (2019) se utiliza la espectroscopia funcional de infrarrojo cercano para medir los cambios en la oxigenación de la hemoglobina en la corteza prefrontal durante la realización de la Iowa Gambling Task en 25 participantes. Sus resultados mostraron diferentes activaciones en la corteza prefrontal medial bilateral en función del momento de la tarea y del tipo de decisiones tomadas. Observaron una activación diferenciada de las zonas mediales entre ambos hemisferios. Estos resultados son coherentes con la importancia de la corteza prefrontal medial en los procesos de toma de decisiones, incluyendo buenas elecciones y malas elecciones en situaciones de ambigüedad o riesgo. Asimismo, se destaca el papel diferente en el que pueden estar involucrados cada uno de los hemisferios dependiendo de las características de la tarea y la toma de decisiones.

Tabla 7

Estudios recientes de fNIRS para estudiar funciones cognitivas

Autores	Instrumentos	Funciones estudiadas	Resultados
Masui, Kashino y Nomura (2009)	<p><i>Cuestionarios:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - NEO-FFI - Stimulus Seeking Scale <p><i>fNIRS:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - NIRO-200, (Hamamatsu Photonics K.K., Hamamatsu, Japón) 	<ul style="list-style-type: none"> - Impulsividad - Inhibición motora - Refuerzo/Castigo 	La función de la corteza prefrontal ventrolateral derecha está modulada por los procesos de Refuerzo/Castigo y la relación entre la inhibición motora y la impulsividad.
Lu, Zhang, Biswal, Zang, Peng y Zhu (2010)	<p><i>fNIRS:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - ETG-4000 Optical Topography System (Hitachi Medical Co., Tokyo, Japón) 	<ul style="list-style-type: none"> - Conectividad funcional en reposo 	Hemoglobina oxigenada, desoxigenada y total mostraron correlaciones significativas con la conectividad funcional en reposo
Sato, Yahata, Funane, Tsukasa, Ryu, Takusige, Hirokazu, Yukika, Akihide, Masashi, Hideaki, Masato y Kasai (2013)	<p><i>fNIRS:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - ETG-4000, Hitachi Medical Corporation, Japan <p><i>fMRI:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Philips Achieva 3.0 TTX system (Philips Medical Systems, Países Bajos) 	<ul style="list-style-type: none"> - Memoria de trabajo 	Correlación entre las activaciones registradas mediante espectroscopia con las activaciones BOLD del registro de resonancia magnética funcional
Wu, Gao, Chen, Li y He (2018)	<p><i>fNIRS:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - FOIRE-3000, (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japón) 	<ul style="list-style-type: none"> - Estabilidad de la conectividad en estado de reposo 	El giro frontal inferior fue el área prefrontal que mejor predijo la estabilidad de la conectividad en estado de reposo
Gundel, von Spee, Schneider, Haeussinger, Hautzinger, Erb, Fallgatter y Ehlis (2018)	<p><i>fNIRS:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - ETG-4000 Optical Topography System (Hitachi Medical Co., Japón) 	<ul style="list-style-type: none"> - Estado de reposo - Mindfulness 	Expertos en meditación mostraron diferencias en activación en BA 1, 6 y 40, respecto al grupo control durante la meditación; en estado de reposo mostraron también mayores activaciones en BA 39, 40, 44 y 45.
Fekete, Beacher, Cha, Rubin y Mujica-Parodi (2014)	<p><i>Cuestionarios:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Cuestionario de comportamiento infantil <p><i>fNIRS:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Hitachi ETG 4000 (Hitachi Medical, Kashiwa, Japón) 	<ul style="list-style-type: none"> - Control cognitivo 	Propiedades de las redes de activación locales a nivel prefrontal afectadas en puntuaciones bajas de control cognitivo

Tabla 7 (Continuación)

Autores	Instrumentos	Funciones estudiadas	Resultados
Skurvydas, Valančiene, Šatas, Mickevičiene, Vadopalas y Karanauskienė (2018)	<i>fNIRS:</i> fNIR Imager 1100 (fNIR Devices LLC, Estados Unidos)	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidad de respuesta - Precisión de la respuesta - Control inhibitorio - Rendimiento cognitivo - Toma de riesgos - Impulsividad - Control emocional 	La velocidad y precisión de la respuesta, el control inhibitorio, el rendimiento cognitivo, la toma de riesgos, la impulsividad, el control emocional, la responsabilidad y la actividad física mostraron correlación positiva con la actividad prefrontal durante una tarea de interferencia.
Li, Chen, Zhang, Turel, Bechara, Feng, Chen y He (2019)	<i>fNIRS:</i> FOIRE-3000/16, (Shimadzu Corporation, Japón)	<ul style="list-style-type: none"> - Toma de decisiones 	Diferentes activaciones en la corteza prefrontal medial bilateral en función del tipo de toma de decisiones.

Podemos extraer una serie de ideas concretas de estas investigaciones sobre procesos cognitivos. En primer lugar, la evidencia de la correlación entre las activaciones obtenidas con fNIRS con las registradas utilizando resonancia magnética funcional, este hecho da mayor validez a los resultados obtenidos con la técnica espectroscópica. En segundo lugar, la capacidad de esta técnica para analizar los patrones de conectividad funcional en un solo registro. También cabe destacar la relación entre el déficit en determinadas habilidades cognitivas y la predisposición a padecer problemas psicológicos. Otra de las evidencias que muestran estos estudios es la correlación entre la actividad prefrontal con la velocidad y precisión de la respuesta, el control inhibitorio, el rendimiento cognitivo, la toma de riesgos, la impulsividad, el control emocional, la responsabilidad y la actividad física. Estos estudios muestran evidencias de la importancia de la corteza prefrontal en procesos de toma de decisiones. Por último, otra de las evidencias concretas que muestran estos estudios es la validez de las técnicas de espectroscopia para medir las activaciones de la corteza prefrontal durante procesos de alta carga cognitiva.

1.5.2. Estudios de fNIRS y emociones

Las emociones son una de las funciones básicas del ser humano que más interés despierta en los investigadores en comportamiento humano. Más allá de muchas funciones cognitivas superiores, las emociones son un aspecto compartido entre un gran número de especies y son, por lo tanto, uno de los procesos básicos más importantes en el funcionamiento de los animales en general y del ser humano en particular.

Como se han comentado en apartados previos, históricamente, los procesos emocionales se han estudiado principalmente utilizando medidas periféricas como la conductancia eléctrica de la piel, la tasa cardíaca, la respiración o la electromiografía muscular facial. Más recientemente, las nuevas técnicas de neuroimagen han abierto todo un nuevo campo de estudio en lo referente a los procesos emocionales y sus efectos en el funcionamiento humano. Las estructuras cerebrales que más se han relacionado con los procesos afectivos son aquellas pertenecientes al sistema límbico (tálamo, hipotálamo, hipocampo, amígdala, cuerpo caloso, septo y mesencéfalo). Sin embargo, estas estructuras poseen un gran número de conexiones con otras partes del cerebro las cuales pueden ser de gran importancia a la hora de percibir, procesar y regular una emoción.

Una de las áreas que más conexiones presenta con el sistema límbico es la corteza prefrontal. Es por ello que la espectroscopia funcional de infrarrojo cercano resulta una buena técnica para estudiar las activaciones prefrontales asociadas a los procesos emocionales. Las comodidades que implica el uso de esta técnica para el participante resultan de especial interés a la hora de crear un ambiente que provoque una reacción emocional. Cuanto más cómoda esté y más libertad tenga la persona, mayor será su inmersión en el contexto emocional. En la Tabla 8 se recogen algunos resultados recientes sobre emociones utilizando fNIRS.

Bendall, Eachus y Thomson (2016) realizaron una profunda revisión citando estudios que utilizaran la espectroscopia para analizar la corteza prefrontal en paradigmas que involucraran un procesamiento emocional. Uno

de las investigaciones incluidas en esta revisión es la realizada por Glotzbach et al (2011), quienes proponen un paradigma de procesamiento emocional en el que pretenden distinguir la activación en la corteza prefrontal durante los procesos de inducción y de regulación emocional. Los procesos de regulación emocional han sido uno de los principales objetos de estudio de las investigaciones sobre aspectos emocionales que involucran funciones de la corteza prefrontal. La regulación emocional está definida como los procesos mediante los cuales modificamos los estados emocionales que tenemos, cómo los tenemos y cómo los experimentamos y expresamos, siendo estos procesos automáticos o controlados, conscientes o inconscientes y pudiendo afectar a varios de los componentes del proceso emocional (Gross, 1998).

En el estudio de Glotzbach et al (2011) participaron 20 mujeres. Se registró su actividad prefrontal mediante un dispositivo óptico de 52 canales que cubrían toda el área prefrontal. La inducción emocional mostró activaciones bilaterales en la corteza prefrontal. Por su parte los procesos de regulación de la emoción mostraron una mayor activación en el lado izquierdo de la corteza prefrontal medial. Los autores sugieren que estos resultados refuerzan la idea que las activaciones prefrontales debidas a procesos emocionales no son solo debidas a procesos automáticos de regulación emocional, sino que están involucradas también en el proceso de evocación directa de la emoción.

Otra de las investigaciones recogidas en la revisión previamente comentada es la de Hoshi et al. (2011). En ella también estudian los procesos emocionales utilizando la técnica de espectroscopia funcional. El paradigma utilizado examina los cambios en la corteza prefrontal durante una tarea de visualización pasiva de imágenes afectivas. El sistema de espectroscopia utilizado se componía de 16 canales repartidos por el área prefrontal. Los resultados mostraron mayor activación en la corteza prefrontal ventrolateral ante la presentación de imágenes desagradables, mientras que las imágenes agradables fueron acompañadas de un mayor decremento en la actividad de la corteza prefrontal dorsolateral izquierda. Estos resultados refuerzan la

importancia de la corteza prefrontal en procesos pasivos de evocación emocional, principalmente en sus áreas más laterales.

Balconi, Grippa y Vanutelli (2015) estudiaron la relación entre la actividad en reposo de las áreas laterales corteza prefrontal y la respuesta a estímulos emocionales de distinta valencia, que fueron extraídos de la base de datos IAPS. Para ello utilizaron un dispositivo de espectroscopia funcional de seis canales, los cuales cubrían las áreas laterales de la corteza prefrontal. Como una variable más incluyeron también las valoraciones subjetivas que los participantes hicieron de las imágenes emocionales. Los análisis de regresión mostraron que las activaciones laterales de la corteza prefrontal en reposo resultaron ser predictivas de la respuesta cerebral en función de la valencia de los estímulos y también predecían las repuestas subjetivas. Estos resultados mostraban como las diferencias individuales juegan un papel fundamental en las activaciones de la corteza prefrontal debidas al procesamiento emocional de los estímulos.

Una de las áreas del lóbulo frontal que mayor interés ha recibido por parte de los investigadores, -por sus múltiples funciones y conexiones con sistemas subcorticales-, es la corteza prefrontal medial. En su investigación, Herrmann, Ehlis y Fallgater (2003) presentan un paradigma para estudiar si las activaciones en la corteza prefrontal medial durante el procesamiento emocional se deben al proceso emocional propiamente dicho, o a las demandas de la tarea experimental. Para ello participaron 14 personas a las que se registraba su actividad prefrontal medial a través de un dispositivo espectroscópico de dos canales. Los resultados mostraron diferencias en la activación de la corteza prefrontal medial en función de las demandas de la tarea, independientemente de su contenido emocional. En consecuencia, los autores remarcan la importancia de tener en cuenta las instrucciones y los requerimientos de la tarea a la hora de diseñar y analizar un experimento con un paradigma de contenido emocional.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, resulta de especial interés estudiar la relación entre las funciones ejecutivas y los procesos

emocionales. Ozawa, Matsuda y Hiraki (2014) realizaron un estudio para evaluar la inferencia de los estímulos emocionales sobre una tarea cognitiva. Para ello utilizaron una tarea n-back de dígitos con condiciones 1-back y 3-back. Esta es una de las tareas más utilizadas para analizar la memoria de trabajo, pues consiste en ir viendo una sucesión de estímulos, ante los cuales el participante debe responder si se repiten en orden determinado, en función de la dificultad de la tarea. En una tarea 1-back el participante deberá responder cuando un estímulo se repita consecutivamente, en cambio en una tarea 3-back el participante responderá si la repetición se ha dado en el tercer estímulo anterior. Esto hace que sea una tarea completa en la que intervienen tanto procesos de codificación (memorización de los números continua) como de manipulación de esa memoria (comparación del estímulo con los anteriores), por lo que resulta una tarea válida y efectiva para medir procesos de memoria de trabajo. En mitad de los estímulos de la tarea n-back se introdujeron estímulos emocionales irrelevantes para la tarea pero que actuaban como distractores. Se utilizó un sistema de espectroscopia de 16 canales, cubriendo toda el área prefrontal. Los resultados mostraron cambios en oxigenación de zonas anteriores de la corteza prefrontal medial, localizadas en el giro frontal superior bilateral y el giro frontal inferior izquierdo en función a la valencia del estímulo presentado durante la tarea. Los cambios en estas áreas eran mayores cuando se presentaba un estímulo negativo en comparación a los estímulos neutros. Los autores proponen que estas diferencias podrían deberse al control cognitivo de la emoción, es decir a la regulación emocional, que provocaría un efecto mayor cuando el estímulo es activador y negativo.

Los estímulos afectivos utilizados para elicitación los distintos estados emocionales son muy diversos. Como se ha discutido en anteriores capítulos los estímulos más comúnmente empleados en los estudios sobre reacciones afectivas son los visuales. Entre los distintos estímulos visuales que podemos presentar destacan distintas bases de imágenes afectivas y entre ellas se encuentran las bases de imágenes de expresiones faciales.

Las expresiones faciales son un estímulo común en nuestro día a día y que ha demostrado provocar efectos emocionales ante su presentación. Rodrigo, Ayaz y Roucco (2016) estudiaron las activaciones en la corteza prefrontal durante la presentación de expresiones faciales de distinta valencia. 39 participantes tomaron parte en esta investigación. Su diseño consistía en la presentación durante pocos segundos de imágenes de expresiones neutras y de miedo. Para analizar los cambios en la oxigenación de la corteza prefrontal utilizaron un dispositivo de registro óptico de 16 canales. Sus resultados mostraron como las caras de miedo producían una mayor activación en la corteza prefrontal medial derecha. De la misma forma, las caras de miedo también se relacionaron con menores activaciones en la corteza prefrontal medial izquierda y ventrolateral izquierda. Tales resultados van en consonancia con la literatura previa y demuestran las relaciones existentes entre diversas estructuras prefrontales y el procesamiento emocional asociado a la visión de expresiones faciales.

Tabla 8

Estudios recientes de fNIRS para estudiar los procesos emocionales

Autores	Instrumentos	Procesos estudiados	Resultados
Glotzbach et al (2011)	fNIRS: ETG-4000 (Hitachi Medical Co., Japón)	- Inducción emocional - Regulación emocional	La inducción emocional mostró activaciones bilaterales en la corteza prefrontal. Los procesos de regulación de la emoción mostraron una mayor activación en el lado izquierdo de la corteza prefrontal medial
Hoshi et al. (2011)	fNIRS: OMM-2000, (Shimadzu Co., Kyoto, Japón)	- Inducción emocional - Valoración subjetiva de la emoción	Mayor activación en la corteza prefrontal ventrolateral ante la presentación de imágenes desagradables. Las imágenes agradables fueron acompañadas de un mayor decremento en la actividad de la corteza prefrontal dorsolateral izquierda

Tabla 8 (Continuación)

Autores	Instrumentos	Procesos estudiados	Resultados
Balconi, Grippa y Vanutelli (2015)	<i>fNIRS:</i> NIRScout System (NIRx Medical Technologies, LLC. Los Angeles, CA)	- Activación en reposo - Inducción emocional - Valoración subjetiva de la emoción	Las activaciones en reposo de las zonas laterales de la corteza prefrontal eran un buen predictor de las activaciones ante estímulos emocionales y de las valoraciones subjetivas
Ozawa, Matsuda y Hiraki (2014)	<i>fNIRS:</i> Spectratech OEG-16	- Interferencia de estímulos emocionales durante una tarea de memoria de trabajo	Estímulos negativos irrelevantes para la tarea se relacionaban con una mayor activación en zonas anteriores de la corteza prefrontal medial en comparación a los neutros
Rodrigo, Ayaz y Roucco (2016)	<i>fNIRS:</i> fNIR Imager 1000® (fNIR Devices, Potomac, MD)	- Procesamiento emocional de expresiones faciales	Caras de miedo se relacionaban con mayores activaciones en la corteza prefrontal medial derecha y menores activaciones en la corteza prefrontal medial izquierda y ventrolateral izquierda

Los resultados obtenidos en estas investigaciones con fNIRS permiten establecer algunas conclusiones sobre los procesos emocionales. En primer lugar, cabe destacar que las activaciones prefrontales asociadas a dichos procesos no solo se deben a un mecanismo de regulación afectiva, sino que ya en los procesos de evocación emocional se observan activaciones características en estas estructuras prefrontales. En concreto, las áreas laterales de la corteza prefrontal parecen jugar un papel muy importante en estos procesos de evocación emocional. Otra de las conclusiones importantes que se pueden extraer de estos resultados es la importancia de las diferencias individuales en las activaciones prefrontales asociadas a procesos emocionales. Por otra parte, las instrucciones y los requerimientos de la tarea también son factores importantes a tener en cuenta a la hora de analizar tales activaciones. En referencia a los estímulos emocionales, aquellos que parecen producir una mayor respuesta de regulación serían los estímulos

negativos altamente activantes. Y, por último, la evidencia de relaciones entre activaciones de diversas estructuras prefrontales asociadas a la visión de expresiones faciales.

1.5.3. *Estudios de fNIRS y personalidad*

Una técnica novedosa como es la espectroscopia funcional de infrarrojo cercano se ha utilizado con éxito para el estudio de los rasgos de personalidad en base a los modelos clásicos de esta disciplina. Como se ha descrito en anteriores capítulos los modelos biológico-factoriales como la propuesta de Gray o la de Cloninger son los que más evidencias psicobiológicas presentan. Sin embargo, otros modelos como el de los Cinco Grandes también han servido para realizar estudios de bases biológicas, correlacionando sus factores con distintas estructuras cerebrales y patrones de activación determinados. A continuación, se presentan una serie de resultados de activaciones cerebrales registradas con sistemas de espectroscopia funcional de infrarrojo cercano asociadas a modelos biológico-factoriales y modelos con base léxica o taxonómicos. En la Tabla 9 se exponen algunos estudios recientes que utilizan la técnica de fNIRS para evaluar la actividad cerebral en función de distintos rasgos de personalidad.

Como evidencia de las correlaciones en función a un modelo biológico, un estudio realizado en Japón por Nakao et al. (2012) utiliza un sistema de espectroscopia funcional de infrarrojo cercano para analizar las activaciones en reposo de la corteza prefrontal y relacionarlas con la evitación del daño y la búsqueda de novedad, factores incluidos en el modelo de Cloninger. Aunque su dispositivo de 43 canales cubría toda el área prefrontal, tan solo utilizaron 15 de estos canales para correlacionarlos con estos factores. Los 15 canales correspondían al área de interés de este estudio, la corteza prefrontal medial. En total utilizaron los datos de 22 participantes, cuyos resultados mostraron como las oscilaciones lentas en estado de reposo de corteza prefrontal medial mostraron correlación negativa con evitación del daño en su parte más dorsal y correlación positiva con Búsqueda de Novedad

en sus zonas ventrales. Según los autores, estas correlaciones indicarían unos cambios en la actividad en reposo de la corteza prefrontal en función de rasgos de temperamento. Se relacionan estos cambios con funcionamientos de estructuras subcorticales, como por ejemplo partes asociadas al sistema de recompensa.

Siguiendo con el modelo propuesto por Cloninger, una investigación llevada a cabo en Japón por Ito, Fukuda, Suto, Uehara y Mikuni (2005) utilizó sistemas de espectroscopia para analizar las activaciones cerebrales relacionadas con variables de este modelo. En ella utilizaron el TCI para medir las variables temperamentales de Búsqueda de Novedad y Persistencia. Esta investigación se centra en analizar las activaciones de la corteza temporal y relacionarlas con estas variables del modelo de Cloninger de forma exploratoria. Para ello estudiaron las activaciones de 30 participantes durante una tarea en la que debían realizar movimientos de pulsación con un dedo. El dispositivo óptico utilizado en esta investigación cubría la corteza temporal de forma bilateral mediante dos sets de 12 canales, uno en cada hemisferio cerebral. Los resultados mostraron incrementos en oxigenación en regiones temporales durante la tarea de pulsación con el dedo. La activación en la corteza temporal izquierda correlacionó positivamente con Búsqueda de Novedad. Por su parte la activación en la corteza temporal derecha correlacionó negativamente con las puntuaciones en el rasgo de Persistencia. Tales incrementos y decrementos son interpretados en relación a procesos de excitabilidad y resistencia al cambio.

Pero como se ha apuntado anteriormente, no solo los modelos con fuertes raíces biológicas han demostrado ser válidos para el estudio del cerebro asociado a los factores de personalidad. Uno de los modelos con más interés por los investigadores es el de los Cinco Grandes factores de personalidad o Big Five. Sato et al. (2012), analizaron las activaciones de la corteza prefrontal en función de los cinco factores del modelo. Para ello la actividad cerebral de 32 participantes fue analizada mientras realizaban una tarea de fluidez verbal. Se establecieron tres condiciones motivacionales: control, recompensa monetaria y orientación por objetivos. Para evaluar los

factores de personalidad se utilizó el cuestionario NEO-PI-R, y para registrar la actividad de la corteza cerebral se usó un sensor de espectroscopia de 52 canales que cubrían toda la corteza prefrontal. Los resultados mostraron correlaciones significativas entre activaciones en regiones frontopolares de la corteza prefrontal y distintos factores de personalidad. En las tres condiciones motivacionales se encontró correlación positiva entre la actividad cortical y Amabilidad, y correlación negativa con Neuroticismo y Responsabilidad. Las activaciones asociadas al alto rasgo de Amabilidad eran mayores en la condición de objetivos que en la monetaria. Por su parte las puntuaciones altas en Neuroticismo mostraron mayores correlaciones con los cambios en la condición monetaria que en la de objetivos. Por último, las puntuaciones altas en Responsabilidad fueron asociadas con mayores cambios en la condición control que en la de objetivos. Tales evidencias muestran como los factores de personalidad se relacionan con los aspectos motivacionales de una tarea a la hora de producir activaciones cerebrales diferenciadas.

Siguiendo con las investigaciones centradas en el modelo de los Cinco Grandes, Ikeda, Ikeda, Shiozaki y Hirayasu (2014) también presentaron un trabajo analizando las activaciones de la corteza prefrontal durante la realización de una tarea Stroop y una tarea de fluidez verbal. El paradigma Stroop constituye una tarea cognitiva que evalúa el grado de resistencia a la interferencia, este paradigma ha sido explicado con detalle en un anterior punto de este capítulo. Para su investigación analizaron los cambios en la actividad prefrontal de 20 participantes utilizando un sistema de espectroscopia funcional de dos canales situado en las coordenadas FP1 y FP2 de la corteza prefrontal según el sistema internacional 10/20. Las puntuaciones de los cinco factores de personalidad se obtuvieron utilizando el cuestionario NEO-FFI. Los resultados de la investigación mostraron como los cambios en oxigenación de la corteza prefrontal derecha correlacionaban positivamente con las puntuaciones de Amabilidad durante la condición de incongruencia de la tarea Stroop. Las activaciones durante la tarea de fluidez verbal no mostraron correlación con ningún factor de personalidad de los evaluados. Los investigadores interpretaron que estos resultados podían ser debidos a que una mayor Amabilidad implicaría una menor supresión de la

actividad de la red por defecto. Las diferencias observadas en cada tarea podrían ser debidas a que la tarea Stroop requeriría mayor capacidad de concentración que la tarea de fluidez verbal.

En otra investigación sobre la funcionalidad cerebral asociada al modelo de los Cinco Grandes, Wang, Zhang, Lu, Xiang y Yuan (2018), mostraron interés en estudiar las propiedades de conectividad funcional de la corteza prefrontal dorsolateral en función de las variables de los Cinco Grandes. Las puntuaciones en los diferentes rasgos de personalidad se obtuvieron a través del NEO-FFI. El registro cerebral consistía en un total de 12 canales de espectroscopia colocados de forma bilateral, con 6 canales cubriendo cada área dorsolateral de la corteza prefrontal. En total se registraron las activaciones en reposo de 30 participantes. Utilizando un análisis de red small-world se observó una correlación positiva entre la longitud de la conexión de la corteza prefrontal dorsolateral y las puntuaciones en Neuroticismo. Por su parte, las puntuaciones en Responsabilidad mostraron correlación negativa con esta característica. Estos resultados son una evidencia de las diferencias a nivel funcional en estas estructuras prefrontales en función a rasgos de personalidad independientemente de la tarea.

Tanto los modelos con origen taxonómico como aquellos con una fuerte raíz biológica pueden ser complementarios y aportar diferentes evidencias acerca de la estructura de la personalidad. Es por ello que es importante destacar aquellos estudios que utilizan ambas aproximaciones. Aoki, Sato, Katura, Matsuda y Koizumi (2013) publicaron un estudio en el que analizaban los cambios de oxigenación en la corteza prefrontal en función de variables del modelo de los Cinco Grandes (Apertura a la experiencia, Responsabilidad, Extraversión, Cordialidad y Neuroticismo) y variables del modelo de Gray (sistema de activación y sistema inhibición conductual), junto con evaluaciones del estado de ánimo de los participantes. La actividad de la corteza prefrontal se registró utilizando un sistema de espectroscopia funcional de 47 canales. Los 40 participantes de este estudio realizaron pruebas de memoria de trabajo de contenido verbal y espacial con diferentes

grados de dificultad. Las escalas psicométricas utilizadas para medir las variables de personalidad fueron el NEO-FFI para los Cinco Grandes factores y la escala BIS/BAS para medir las activaciones de los sistemas propuestos por Gray. Los resultados mostraron correlación negativa entre la actividad de la corteza prefrontal y el estado de ánimo negativo durante la tarea de memoria de trabajo de contenido verbal, independientemente de los rasgos de personalidad. Uno de los hechos más destacables de estos resultados es la distinción entre los sustratos neurales influenciados por el estado de ánimo y aquellas funciones dependientes de los factores de personalidad. Consecuentemente, en tareas que puedan estar afectadas por el estado de ánimo de la persona, los factores de personalidad podrían estar influyendo de manera independiente.

Tabla 9

Estudios recientes de fNIRS para estudiar los factores de personalidad

Autores	Instrumentos	Rasgos estudiados	Resultados
Nakao, Matsumoto, Shimizu, Morita, Yoshimura, Northoff, Morinobu, Okamoto y Yamawaki (2013)	<i>Cuestionarios:</i> TCI (Cloninger et al., 1993) <i>fNIRS:</i> FOIRE-3000; (Shimadzu Corp., Kyoto, Japón)	- Modelo de Cloninger: Evitación del daño y Búsqueda de Novedad	Oscilaciones lentas en estado de reposo en corteza prefrontal medial mostraron correlación negativa con evitación del daño y correlación positiva con búsqueda de novedad
Ito, Fukuda, Suto, Uehara y Mikuni (2005)	<i>Cuestionarios:</i> TCI (Cloninger et al., 1993) <i>fNIRS:</i> Hitachi ETG-100 (Hitachi Medical, Tokyo, Japón)	- Modelo de Cloninger: Temperamento (Búsqueda de novedad, Evitación del daño, Dependencia a la Recompensa y Persistencia) y Carácter (Autodirectividad, Cooperatividad y Autotrascendencia)	Incrementos en oxigenación en regiones temporales durante una tarea de pulsación con el dedo. Hemisferio izquierdo: correlación positiva con búsqueda de novedad; Hemisferio derecho: correlación negativa con persistencia

Tabla 9 (Continuación)

Autores	Instrumentos	Rasgos estudiados	Resultados
Sato, Fukuda, Kameyama, Suda, Uehara, y Mikuni (2012)	<i>Questionarios:</i> NEO-PI-R (Costa y McRae, 1992) <i>fNIRS:</i> ETG-4000; (Hitachi Medical, Tokyo, Japón)	- Big Five: Apertura a la experiencia, Responsabilidad, Extraversión, Cordialidad y Neuroticismo	Correlación positiva entre activaciones frontopolares y puntuaciones en Cordialidad; correlación negativa en esas mismas regiones para las puntuaciones en Neuroticismo y Responsabilidad.
	Ikeda, Ikeda, Shiozaki y Hirayasu (2014)	<i>Questionarios:</i> NEO-FFI <i>fNIRS:</i> Pocket NIRS-NIY, (DynaSence, Hamamatsu, Japón)	- Big Five: Apertura a la experiencia, Responsabilidad, Extraversión, Cordialidad y Neuroticismo
Wang, Zhang, Lu, Xiang y Yuan (2018)		<i>Questionarios:</i> NEO-FFI <i>fNIRS:</i> TechEn CW6 (Techen Inc., Milford, MA)	- Big Five: Apertura a la experiencia, Responsabilidad, Extraversión, Cordialidad y Neuroticismo
	Aoki, Sato, Katura, Matsuda y Koizumi (2013)	<i>Questionarios:</i> POMS, NEO-FFI Escalas BIS/BAS <i>fNIRS:</i> ETG-7100, (Hitachi Medical Corporation, Japón)	- Estado de ánimo - Big Five: Apertura a la experiencia, Responsabilidad, Extraversión, Cordialidad y Neuroticismo - Modelo de Gray: Sistema de activación conductual, Sistema de inhibición conductual

Las investigaciones basadas en métodos de espectroscopia para estudiar los rasgos de personalidad aportan interesantes evidencias. Las diferencias en la actividad de la corteza prefrontal en reposo en función del temperamento podrían implicar un funcionamiento característico de las

estructuras subcorticales, como por ejemplo partes del sistema límbico asociadas a sistemas de recompensa. Otros rasgos como la excitabilidad o la resistencia al cambio también han mostrado activaciones características a nivel prefrontal. Los factores de personalidad, por lo tanto, serán un factor a tener en cuenta a la hora de analizar las activaciones en tareas que impliquen una activación motivacional. Se recogen también evidencias acerca de diferencias funcionales a nivel prefrontal en función de la personalidad independientemente del contenido de la tarea. Incluso en tareas donde el estado de ánimo podría estar ejerciendo una influencia son patentes los efectos en función de los rasgos de personalidad.

1.5.4. Estudios fNIRS y psicopatología

Una de las principales ventajas del uso de los dispositivos de espectroscopia funcional de infrarrojo cercano es su comodidad para el participante, tanto en términos de adaptarse a las características físicas de cada uno como por el poco tiempo necesario para la instalación. Por estos motivos resulta un sistema de especial utilidad en todos aquellos estudios psicológicos que comporten la participación de personas con alguna limitación física o psicológica. La utilidad más directa de esta ventaja son los estudios con pacientes que padezcan de algún trastorno psicopatológico.

La investigación acerca de los trastornos psicológicos ha ido evolucionando según avanzaban las técnicas de análisis de procesos y funciones psicológicas. La aparición de los registros de activación cerebral abrió un nuevo campo de estudio en el que se examinan los patrones de activación asociados a cada tipo de trastorno. La identificación de las activaciones características de un trastorno psicológico resulta útil para identificar que funciones exactas se ven alteradas, además de su posible uso como biomarcador de la presencia del trastorno psicológico. En la Tabla 10 se recogen distintos estudios que aplican la técnica de fNIRS para el estudio de los trastornos psicopatológicos.

Una de las principales alteraciones psicológicas con mayor prevalencia y mayor comorbilidad con otros trastornos es la depresión. En Japón está aprobado el uso de la técnica fNIRS para la evaluación y diagnóstico diferencial de distintos trastornos psiquiátricos. Kawano et al. (2016) presentaron una investigación en la que pretendían identificar los biomarcadores que se relacionaban con la severidad en la depresión. Para ello realizaron un registro de la corteza prefrontal utilizando un dispositivo de espectroscopia de 22 canales que cubría toda el área prefrontal. Los participantes del estudio fueron un total de 43 pacientes diagnosticados con algún trastorno psiquiátrico, como el trastorno depresivo mayor, el trastorno bipolar, el trastorno obsesivo compulsivo o la esquizofrenia, entre otros. Los pacientes realizaron una tarea de fluidez verbal mientras se registraba su actividad prefrontal. Los resultados mostraron como los cambios hemodinámicos registrados en la corteza prefrontal correlacionaban positivamente con la severidad de los síntomas depresivos, independientemente del trastorno. Este estudio presenta una evidencia de la posibilidad de utilizar las activaciones prefrontales como biomarcadores de la intensidad de la depresión.

La depresión suele ir asociada a una serie de síntomas característicos de este trastorno como por ejemplo los problemas de sueño. Un estudio realizado en Japón analizó los patrones de activación prefrontal mediante un dispositivo de espectroscopia (Nishida et al., 2017). El estudio consistía en una prueba de fluidez verbal en la que participaron 14 pacientes diagnosticados de trastorno depresivo mayor y 15 personas sanas control con similares características que la muestra clínica. Durante la tarea se registraron los cambios en oxigenación de la corteza prefrontal a través de un dispositivo óptico de 52 canales. En el grupo de pacientes diagnosticados con trastorno depresivo mayor, los problemas de sueño correlacionaron con una menor activación en la corteza prefrontal izquierda durante la tarea de fluidez verbal. Este estudio muestra como las activaciones prefrontales durante una tarea de alta exigencia cognitiva pueden verse condicionadas por las alteraciones en el sueño.

Los trastornos depresivos suelen ser comórbidos de manera frecuente a los problemas de ansiedad. Uno de los trastornos de ansiedad más frecuentes es el de ansiedad social, caracterizado por un miedo profundo e irracional a las interacciones sociales que provoca un alto grado de ansiedad ante estas situaciones. Las activaciones a nivel prefrontal en este tipo de trastorno podrían servir para una mejor evaluación de la situación de los pacientes. Con la finalidad de detectar las activaciones características a la ansiedad social se realizó un estudio que medía tales activaciones durante una tarea de fluidez verbal (Yokoyama et al., 2015). En el estudio participaron 35 pacientes diagnosticados de ansiedad social y 35 controles sanos semejantes a la muestra clínica. La actividad prefrontal se registró a través de un sistema de espectroscopia funcional de 52 canales que cubría toda el área prefrontal. Los resultados mostraron menores cambios en oxigenación de la corteza prefrontal ventrolateral en pacientes con ansiedad social durante la tarea de fluidez verbal. Por su parte, los controles mostraron correlación positiva entre los cambios en oxigenación de la corteza prefrontal bilateral y el miedo social. Estos resultados son una evidencia de la alteración a nivel prefrontal, concretamente en las áreas ventrolaterales bilaterales ante situaciones sociales. Tales patrones de activación diferenciados podrían relacionarse con una predisposición a padecer este tipo de trastornos.

Dentro de los trastornos de ansiedad, algunos pueden estar relacionados con la aparición de pensamientos obsesivos, intrusivos, recurrentes y persistentes. Tales pensamientos se asocian a un estado de ansiedad elevado ante el cual aparecen conductas o rituales compulsivos dirigidos a reducir el estado de ansiedad acaecido. La disfunción que se caracteriza por dichos pensamientos y conductas es el trastorno obsesivo compulsivo. Okada et al. (2013) presentaron una investigación sobre los cambios en oxigenación prefrontal asociados a esta clase de trastorno. En ella participaron 12 pacientes diagnosticados de trastorno obsesivo-compulsivo y 12 participantes controles sanos. La tarea realizada consistía en una tarea Stroop, mientras se registraban los cambios de oxigenación de la corteza prefrontal a través de un dispositivo de 24 canales. Los resultados mostraron menores cambios en la oxigenación de la hemoglobina para el

grupo clínico durante la realización de la tarea de interferencia cognitiva, principalmente en la corteza prefrontal lateral izquierda. Según los investigadores, tales resultados son consistentes con aquellos presentados anteriormente en la literatura con pacientes diagnosticados de trastorno obsesivo-compulsivo. Esto apoyaría la validez de la técnica de espectroscopia funcional para medir las activaciones en poblaciones clínicas diagnosticadas.

Los trastornos psiquiátricos comúnmente vienen asociados a la disfunción de alguna capacidad cognitiva. Como se ha descrito en anteriores apartados, la memoria de trabajo es un buen indicador del estado de las funciones cognitivas superiores debido a la gran cantidad de procesos que vienen involucrados en ella. El trastorno de déficit de atención con hiperactividad es uno de los trastornos que mayor relación han mostrado con las disfunciones a nivel cognitivo.

Schecklmann et al. (2010) presentaron la primera investigación que aplicaba un sistema de espectroscopia funcional para medir las activaciones en un grupo significativo de niños diagnosticados de déficit de atención con hiperactividad. La muestra total de su investigación se componía por 19 niños diagnosticados de déficit de atención con hiperactividad y 19 niños controles sanos. La tarea de memoria de trabajo incluía dos condiciones distintas: memoria de trabajo visual y memoria de trabajo espacial; también se incluyó una condición control que ignoraba los estímulos anteriormente presentados. El dispositivo de espectroscopia utilizado para el registro presentaba un total de 52 canales, los cuales cubrían toda la zona prefrontal de los participantes. A pesar de las supuestas diferencias cognitivas entre los dos grupos, no se observaron diferencias entre las activaciones prefrontales del grupo de trastorno de déficit de atención con hiperactividad y el grupo control. Los autores hipotetizaron acerca del posible efecto del desarrollo mental, la tarea y la medicación a la hora de evaluar tales funciones. Por ello destaca la importancia de tener en cuenta dichos factores en aquellos estudios que pretendan estudiar procesos mentales asociados a una condición particular.

Por su parte, uno de los trastornos que mayor interés ha recibido por parte de la comunidad científica es el trastorno de Asperger, también asociado comúnmente a etapas prontas del desarrollo. En la versión más reciente del Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM-5) (American Psychiatric Association, 2013) este trastorno está incluido dentro del Trastorno del espectro autista. En la versión anterior del manual, el Trastorno de Asperger y el Trastorno Autista todavía se consideraban cualitativamente distintos. Iwanami et al. (2011), realizaron una investigación para identificar que biomarcadores a nivel prefrontal eran característicos de las personas que presentaban el Trastorno de Asperger. Para ello registraron las activaciones a nivel prefrontal de 20 pacientes diagnosticados con este trastorno y 20 personas control con características sociodemográficas similares. Realizaron una tarea de fluidez verbal ante la que se midieron los cambios en oxigenación de la corteza prefrontal a través de 52 canales. Los niveles de los cambios en oxigenación de la corteza prefrontal de las personas con Trastorno de Asperger fueron menores que los del grupo control. Los resultados apoyan la hipótesis de una activación prefrontal característica de las personas con Asperger, pero remarca la importancia de tener en cuenta los factores de la tarea a la hora de buscar estos patrones diferenciales.

Otra clase de problemas psiquiátricos, como la esquizofrenia, también requieren de herramientas que faciliten su detección y diagnóstico diferencial. La esquizofrenia es un trastorno mental grave caracterizado por el deterioro de diversas funciones cognitivas como la percepción, la atención o la memoria, así como de la afectación de los procesos de índole emocional. Los síntomas de esquizofrenia son, por lo tanto, difíciles de diferenciar de muchas alteraciones psiquiátricas y es por ello que su diagnóstico preciso presenta serias dificultades.

Azechi et al. (2010) efectuaron una investigación para ver si era posible basarse en los patrones de activación a nivel prefrontal para distinguir de forma efectiva a pacientes diagnosticados con esta dolencia de una muestra de población sana. Para ello realizaron una serie de pruebas cognitivas

mientras se registraba su actividad prefrontal a través de un dispositivo fNIRS de dos canales situado bilateralmente sobre las regiones prefrontales. Se formaron dos grupos de 60 individuos cada uno, 30 diagnosticados con esquizofrenia y 30 de población sana. Los resultados del estudio presentaron un alto porcentaje de los participantes correctamente clasificados en grupo clínico o grupo sano en base a las activaciones prefrontales registradas. Presentaron, por tanto, una evidencia del poder diagnóstico a nivel diferencial de las activaciones prefrontales registradas con técnicas de espectroscopia para un trastorno complejo como la esquizofrenia.

Asimismo, los trastornos de la conducta alimentaria son un tipo de patología cada vez más común y que despierta más interés por parte de la comunidad científica. Esta clase de conductas podría asociarse a determinados patrones de activación cerebral. En concreto, una investigación realizada por Suda et al. (2010) estudió las activaciones de la corteza prefrontal asociadas a trastornos de la conducta alimentaria. Realizaron una tarea cognitiva de fluidez verbal mientras registraban la activación prefrontal mediante un dispositivo de espectroscopia de 52 canales. En ella participaron 27 mujeres diagnosticadas con algún trastorno alimentario y 27 mujeres control sanas con características similares. El grupo con trastorno alimentario mostró menores cambios en activación prefrontal durante la tarea de fluidez verbal. La tendencia a hacer dieta se relacionó con la actividad en la corteza frontotemporal y los problemas con la comida con la actividad en la corteza orbitofrontal. Ciertos patrones alimentarios podrían, por lo tanto, relacionarse con patrones de activación característicos en la corteza prefrontal.

Dentro de los trastornos de conducta alimentaria, un ejemplo concreto es la anorexia nerviosa. Esta se caracteriza por la alteración de los patrones alimentarios y de control de peso, que conllevan ligada una disfunción física y psicológica de la persona con este trastorno. Principalmente afecta a mujeres jóvenes o en edad adolescente. Un estudio con pacientes de anorexia nerviosa analizó las respuestas hemodinámicas de esta población durante la realización de tareas cognitivas y motoras (Nagamitsu et al., 2011). En él participaron 16 mujeres adolescentes diagnosticadas con anorexia nerviosa

y 12 participantes control, con similares características sociodemográficas. La activación hemodinámica de la corteza se midió mediante un dispositivo de 24 canales que cubrían toda el área prefrontal durante la tarea cognitiva y la corteza temporal izquierda durante la tarea motora. Los resultados mostraron patrones de activación prefrontal distintos entre el grupo clínico el grupo control durante la tarea cognitiva, en cambio no se observaron diferencias entre grupos durante la tarea de activación motora. Las diferencias observadas entre los grupos podrían indicar la activación de redes menores en las adolescentes con anorexia nerviosa durante la realización de tareas cognitivas, estos patrones de activación podrían extrapolarse a sus actitudes hacia la comida y, por lo tanto, relacionarse con su conducta desadaptativa.

Tabla 10

Estudios recientes de fNIRS para estudiar distintos trastornos psicopatológicos

Autores	Instrumentos	Rasgos y trastornos estudiados	Resultados
Kawano et al. (2016)	<i>Questionarios:</i> - Escala de depresión de Hamilton <i>fNIRS:</i> - ETG-4000 (Hitachi Medical, Tokyo, Japón)	- Fluidez verbal - T. depresivo mayor - T. Bipolar - Esquizofrenia - T. Distímico - T. Psicótico - T. Pánico - T. Obsesivo Compulsivo	Los cambios hemodinámicos registrados en la corteza prefrontal correlacionaban positivamente con la severidad de los síntomas depresivos, independientemente del trastorno
Nishida et al. (2017)	<i>Questionarios:</i> - Escala de depresión de Hamilton - Índice de calidad del sueño de Pittsburg - Escala del sueño de Epworth <i>fNIRS:</i> ETG-4000 (Hitachi Medical, Tokyo, Japón)	- Fluidez verbal - T. del sueño - T. depresivo mayor	En pacientes con trastorno depresivo mayor, los problemas en el sueño correlacionaron con una menor activación en la corteza prefrontal izquierda durante una tarea de fluidez verbal.
Okada, Ota, Iida, Kishimoto y Kishimoto (2013)	<i>Questionarios:</i> - Escala para las Obsesiones-Compulsiones de Yale-Brown, - Inventario de Obsesiones-Compulsiones de Maudsley <i>fNIRS:</i> Hitachi ETG-100 (Hitachi Medical Corporation, Tokyo, Japón)	- Interferencia cognitiva - T. Obsesivo Compulsivo	Menores cambios en la oxigenación de la hemoglobina para el grupo clínico durante la realización de la tarea de interferencia cognitiva, principalmente en la corteza prefrontal lateral izquierda
Schecklmann et al. (2010)	<i>Questionarios:</i> - Criterios DSM-IV para ADHD <i>fNIRS:</i> - ETG-4000 (Hitachi Medical, Tokyo, Japón)	- Memoria de trabajo - T. de déficit de atención con hiperactividad	No observaron diferencias en las activaciones prefrontales entre el grupo de déficit de atención con hiperactividad y el grupo control. Posible efecto del desarrollo mental, la tarea y la medicación.

Tabla 10 (Continuación)

Autores	Instrumentos	Rasgos y trastornos estudiados	Resultados
Iwanami et al. (2011)	<i>Cuestionarios:</i> - Test de cociente del espectro autista <i>fNIRS:</i> - ETG-4000 (Hitachi Medical, Kashiwa, Japón)	- Fluidez verbal - Trastorno de Asperger	Los niveles de los cambios en oxigenación de la corteza prefrontal de las personas con Trastorno de Asperger fueron menores que los del grupo control durante una tarea de fluidez verbal
Yokohama et al. (2015)	<i>Cuestionarios:</i> - Criterios DSM-IV para Ansiedad social - Inventario de ansiedad estado-rasgo - POMS - Escala de depresión de Zugn - Escala de ansiedad social de Liebowitz <i>fNIRS:</i> ETG-4000 (Hitachi Medical, Tokyo, Japón)	- Ansiedad social - Fluidez verbal	Menores cambios en oxigenación de la corteza prefrontal ventrolateral en pacientes con ansiedad social durante una tarea de fluidez verbal. Los controles mostraron correlación positiva entre los cambios en oxigenación de la corteza prefrontal bilateral y el miedo social.
Azechi et al. (2010)	<i>Cuestionarios:</i> - Entrevista Clínica Estructurada del DSM-IV <i>fNIRS:</i> NIRO 200 (Hamamatsu Photonics, Japón)	- Fluidez verbal - Memoria de trabajo - Interferencia cognitiva - Resolución de problemas - Esquizofrenia	Un alto porcentaje de los participantes fueron correctamente clasificados en grupo clínico o grupo sano en base a las activaciones prefrontales registradas.
Nagamitsu et al. (2011)	<i>Cuestionarios:</i> - Cuestionario de actitudes hacia la comida <i>fNIRS:</i> - ETG-4000 (Hitachi Medical, Tokyo, Japón)	- Activación cognitiva - Activación motora - Anorexia nerviosa	Patrones de activación prefrontal distintos entre el grupo clínico el grupo control durante la tarea cognitiva. No se observaron diferencias entre grupos durante la tarea de activación motora
Suda, Uehara, Fukuda, Sato, Kameyama y Mikuni (2010)	<i>Cuestionarios:</i> - Cuestionario de actitudes hacia la comida - Escala de depresión de Hamilton <i>fNIRS:</i> - ETG-4000 (Hitachi Medical, Tokyo, Japón)	- Fluidez verbal - T. alimentario	Menores cambios en la activación del grupo con trastorno alimentario durante la tarea de fluidez verbal. La tendencia a la dieta se relacionó con la actividad en la corteza frontotemporal y los problemas con la comida con la actividad en la corteza orbitofrontal.

Los hallazgos recogidos en este apartado nos permiten establecer algunas ideas importantes sobre la relación de la actividad prefrontal medida con fNIRS y los trastornos psicológicos. En primer lugar, una evidencia de la validez de los métodos de espectroscopia para medir las activaciones prefrontales en población diagnosticada, y el uso de tales activaciones como biomarcadores de la intensidad de la depresión. Por su parte, la actividad prefrontal podría verse alteradas por la sintomatología como las alteraciones del sueño. Unos patrones diferenciados podrían ser indicadores de una

posible psicopatología. Las activaciones características encontradas en poblaciones clínicas, como las personas diagnosticadas con Trastorno de Asperger remarcan la importancia de tener en cuenta los factores de la tarea a la hora de buscar esos patrones diferenciales. La espectroscopia serviría para detectar patrones característicos de trastornos complejos, como la esquizofrenia. Los trastornos alimentarios también mostrarán patrones diferenciados de activación asociados a un posible procesamiento desadaptativo. Tales patrones podrían estar estrechamente relacionados con la conducta problemática.

1.5.5. *Estudios con fNIRS y trastornos de personalidad*

Determinados patrones de activación cerebral característicos no solo se han relacionado con trastornos clínicos incluidos en el Eje I del Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM-5) (American Psychiatric Association, 2013). Situaciones más estables en el tiempo como los trastornos de personalidad, incluidos en el Eje II del manual, también se han relacionado patrones diferenciales de activación durante determinados procesos mentales. La técnica de espectroscopia funcional de infrarrojo cercano ha demostrado ser una herramienta válida para detectar dichos cambios asociados a los trastornos de personalidad. En la Tabla 11 se exponen algunos de los estudios que usan la fNIRS para estudiar los trastornos de personalidad.

El trastorno de personalidad que más interés ha despertado a los investigadores que utilizan esta técnica es el Trastorno límite de la personalidad (TLP). Las características principales de este trastorno son las reacciones emocionales inapropiadas o extremas, los comportamientos altamente impulsivos y una dificultad permanente para mantener relaciones sociales estables. Los cambios de humor repentinos y extremos, las reacciones desajustadas y el comportamiento impulsivo suelen conllevar a las personas que lo padecen una gran dificultad para finalizar satisfactoriamente una carrera académica, tener un trabajo estable o establecer y mantener relaciones sanas y duraderas. Las personas que padecen este trastorno

suelen debutar en la adolescencia. Generalmente algunos síntomas ya son perceptibles en etapas más tempranas del desarrollo, pero es en la edad adulta cuando más visibles se hacen estas conductas. Los casos más precoces suelen tener peor pronóstico.

Focalizando su interés en los procesos emocionales asociados al TLP, Ruocco, Medaglia, Ayaz y Chute (2010) realizaron otra investigación utilizando un sistema de espectroscopia funcional de infrarrojo cercano. Su trabajo se centró en investigar los procesos de evocación y regulación emocional asociados al trastorno. Para ello realizaron una tarea de visualización de imágenes neutras o tristes, en tales presentaciones se pedía a los participantes que mantuvieran el estado emocional evocado o que intentaran suprimir dicho estado emocional utilizando estrategias de regulación emocional. Los participantes se clasificaban en dos grupos, 9 mujeres con TLP diagnosticado y 8 participantes control con similares características sociodemográficas, pero sin trastorno. Para el registro de oxigenación se utilizó un sistema de 16 canales que cubrían el área prefrontal de la corteza. Los resultados mostraron relaciones entre la actividad de la corteza lateral derecha y la dificultad para suprimir el estado de tristeza en pacientes con TLP. Una relación inversa con la activación de la corteza prefrontal izquierda se observó en los participantes control. Los autores sugerían que tales diferencias podrían indicar la presencia de problemas a la hora de regular los estados emocionales en los pacientes con TLP.

Una de las características que define a los pacientes de TLP es su dificultad a la hora de tener relaciones sociales sanas y satisfactorias. Roucco, Medaglia, Tinker y colaboradores (2010) llevaron a cabo otra investigación con el objetivo de estudiar las activaciones cerebrales asociadas al TLP en situaciones de exclusión social. Los participantes fueron 10 pacientes diagnosticados de TLP y 10 controles. La tarea consistía en un juego de cartas con dos fases diferenciadas. En la primera fase el participante jugaba con dos personas más, y ellos le incluían en el juego, de forma que recibiría una mayor compensación al final de la prueba. En cambio, en la segunda fase los otros jugadores dejaban de interactuar con el participante, creando así una

situación de exclusión social dentro del juego. Durante toda la prueba se registraban los cambios en oxigenación en la corteza prefrontal a través de un dispositivo de 16 canales. Los resultados mostraron cómo los participantes con TLP mostraban mayor activación en la corteza prefrontal medial izquierda durante la tarea de exclusión social. La hipótesis planteada a raíz de estos resultados es una disfunción potencial del circuito frontolímbico. Esta sería una evidencia de la posible asociación de la corteza prefrontal medial con los problemas sociales observados en pacientes con TLP.

Otro de los trastornos de la personalidad también ha recibido interés por parte de la comunidad científica que trabaja con técnicas espectroscópicas es el trastorno esquizotípico de la personalidad. La esquizotipia se caracteriza por un déficit en habilidades sociales, relacionado con un conjunto de creencias y procesos mentales disfuncionales. Comúnmente la persona que sufre este trastorno no es capaz de establecer buenas relaciones sociales y, a menudo, son personas desconfiadas de su entorno e incapaces de percibir correctamente las motivaciones o deseos de los demás. El trastorno frecuentemente va asociado a graves distorsiones cognitivas y comportamientos excéntricos.

Hori, Ozeki, Terada y Kunugi (2008) presentaron una investigación en la que medían las activaciones en función de puntuaciones extremas en un cuestionario de esquizotipia. Para ello midieron los rasgos esquizotípicos y utilizaron una tarea de fluidez verbal a la vez que registraban la actividad prefrontal a través de un sistema de espectroscopia de 31 canales. La muestra final fue de 32 participantes, los cuales fueron divididos en dos grupos, en función de sus puntuaciones en el rasgo de esquizotipia (altos y bajos). Los resultados mostraron cómo el grupo con puntuaciones altas en personalidad esquizoide mostró mayor asimetría derecha en su activación prefrontal durante la tarea de fluidez verbal con letras. Esta asimetría no se observó en el grupo de participantes con puntuaciones bajas en este rasgo. Por lo tanto, la asociación entre el rasgo de esquizotipia y la lateralidad de las activaciones podría variar en función de las tareas cognitivas. A pesar de no utilizar una muestra clínica, este estudio muestra como es posible detectar

patrones de activación característicos sin que las puntuaciones del rasgo sean necesariamente consideradas patológicas.

Tabla 11

Estudios recientes de fNIRS para estudiar distintos trastornos de personalidad

Autores	Instrumentos	Rasgos y trastornos estudiados	Resultados
Ruocco et al. (2010)	<p><i>Cuestionarios:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Módulo de trastorno límite de la personalidad de la entrevista diagnóstica del DSM-IV para los trastornos de personalidad <p><i>fNIRS:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - fNIR Imager 1000® (fNIR Devices, Potomac, MD) 	<ul style="list-style-type: none"> - Exclusión social - Trastorno límite de la personalidad 	<p>Los participantes con trastorno límite de la personalidad mostraron mayor activación en la corteza prefrontal medial izquierda durante la tarea de exclusión social.</p>
Ruocco, Medaglia, Ayazb, y Chute (2010)	<p><i>Cuestionarios:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Módulo de trastorno límite de la personalidad de la entrevista diagnóstica del DSM-IV para los trastornos de personalidad <p><i>fNIRS:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - fNIR Imager 1000® (fNIR Devices, Potomac, MD) 	<ul style="list-style-type: none"> - Evocación emocional - Regulación emocional - Trastorno límite de la personalidad 	<p>La dificultad en suprimir la tristeza se relacionó con la actividad en la corteza prefrontal lateral derecha en los participantes con trastorno límite. El efecto contrario se observó en la corteza prefrontal izquierda para los controles.</p>
Hori, Ozeki, Terada, y Kunugi (2008)	<p><i>Cuestionarios:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuestionario de personalidad esquizotípica <p><i>fNIRS:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - FOIRE-3000 (Shimadzu Corporation, Japón) 	<ul style="list-style-type: none"> - Fluidez verbal - Trastorno esquizoide de la personalidad 	<p>El grupo con puntuaciones altas en personalidad esquizoide mostró mayor asimetría derecha en su activación prefrontal durante la tarea de fluidez verbal con letras.</p>

Es posible extraer algunas conclusiones sobre estos estudios acerca de la actividad hemodinámica asociada a los trastornos de personalidad. Por un lado, la evidencia de activaciones características de los problemas emocionales y sociales presentes en un trastorno como el TLP. Estas diferencias serían detectables a través de los cambios en la oxigenación de la hemoglobina de la corteza prefrontal. Y por otra parte la posibilidad de detectar patrones característicos de una personalidad patológica en muestras de participantes no diagnosticados, pero clasificados en función de sus puntuaciones en ese rasgo.

1.6. Objetivos e hipótesis

1.6.1. *Objetivos generales*

En atención al contenido de la revisión bibliográfica proporcionada sobre el estudio de diferentes variables psicológicas con la activación del córtex prefrontal, se busca ahondar en la aplicación de esta técnica en el estudio de las funciones cognitivas, las emociones y la personalidad. La finalidad es establecer posibles relaciones funcionales que ayuden a comprender mejor la relación de tales variables psicológicas con el cerebro, en concreto con sus estructuras prefrontales. Por tanto, los objetivos generales de esta tesis son:

- a) Aplicar la técnica de fNIRS al estudio del comportamiento humano.
- b) Conocer los patrones de activación prefrontal en función de la carga cognitiva de las funciones ejecutivas, incluida la memoria de trabajo.
- c) Conocer los patrones de activación prefrontal en función de las emociones y conocer qué rasgos de personalidad se asocian a diferencias en la activación prefrontal ante estímulos emocionales.

1.6.2. *Hipótesis generales*

La investigación que se presenta en la parte práctica de esta tesis se hace con tres diferentes muestras de participantes y tres diferentes paradigmas experimentales. Por tanto, se expondrán en forma de tres estudios independientes. El primer estudio evalúa los patrones de oxigenación prefrontal durante una tarea de memoria de trabajo a través de diferentes niveles de dificultad. El segundo estudio analiza la actividad prefrontal en un paradigma de visualización pasiva de imágenes de diferente contenido afectivo en sujetos con puntuaciones extremas en Neuroticismo y Búsqueda de Sensaciones. Por último, en el tercer estudio se evalúa la respuesta prefrontal ante caras que evocan distintos estados emocionales en función del rasgo de Neuroticismo. A continuación, se especifican las hipótesis generales de esta tesis:

1.6.2.1. *Hipótesis referentes a las funciones ejecutivas*

1.6.2.1.1. *Fundamento teórico*

Tal y como se comenta en el apartado 1.4 de esta tesis, la técnica de fNIRS se ha utilizado para evaluar la actividad prefrontal relacionada con diferentes funciones ejecutivas, cómo la ejecución de una tarea en función de la velocidad y precisión de la respuesta, el control inhibitorio o el rendimiento cognitivo.

Las estructuras prefrontales juegan un papel clave en los procesos relacionados con las funciones ejecutivas. Por ejemplo, las áreas laterales de la corteza prefrontal se han asociado directamente a procesos como la memoria de trabajo (MacDonald et al., 2000). La memoria de trabajo está considerada una de las principales funciones ejecutivas superiores (Diamond, 2013). Teniendo en cuenta lo expuesto en el apartado de fundamento teórico, es necesario que la corteza prefrontal se active para mantener y manipular la información disponible en tareas de memoria de trabajo, (Braver et al., 1997; Cohen et al., 1997).

Por lo tanto, se espera una relación progresiva entre la capacidad de memoria de trabajo y la activación (Sato et al. 2013). En función de la literatura revisada se espera que esta actividad se incremente junto con la carga de la tarea (Herrmann et al., 2003). Al respecto se formula la siguiente hipótesis general.

1.6.2.1.2 *Hipótesis 1*

Si la dificultad de la tarea requiere un mayor esfuerzo cognitivo y el esfuerzo cognitivo se relaciona con la actividad prefrontal, se espera que cuando realicen tareas cognitivas de mayor dificultad, los participantes tengan una mayor activación en la corteza prefrontal.

1.6.2.2. *Hipótesis referentes a las emociones*

1.6.2.2.1. *Fundamento teórico*

Los procesos emocionales se han asociado comúnmente a la activación de estructuras subcorticales. Sin embargo, como se ha destacado en el apartado 1.3 de esta tesis, las estructuras frontales toman cada vez más interés en el estudio de estos procesos. En dicho apartado se exponen evidencias de la relación de la actividad prefrontal y el procesamiento afectivo (Glotzbach et al., 2011).

En general, los estímulos negativos se han asociado a una mayor actividad prefrontal en comparación al procesamiento de estímulos positivos y neutros (Hoshi et al., 2011; Ozawa et al., 2014). La actividad de las zonas laterales de la corteza prefrontal ha mostrado estar condicionada por la valencia de la imagen presentada (Balconi et al., 2015). En concreto, la actividad de las áreas prefrontales ventrolaterales ha mostrado estar relacionada con la valencia del estímulo procesado. Dicho efecto ha sido más significativo en el hemisferio izquierdo (Hoshi et al., 2011; Rodrigo et al., 2016). Estímulos con una carga emocional concreta, como las caras afectivas, han demostrado producir una activación diferencial en función de la valencia del rostro presentado (Rodrigo et al., 2016). La actividad prefrontal se ha relacionado tanto en procesos de inducción como de regulación emocional (Glotzbach et al., 2011). Teniendo en consideración tales evidencias se formula la siguiente hipótesis general.

1.6.2.2.2. *Hipótesis 2*

Si los estímulos desagradables inducen un estado emocional negativo y ello provoca un incremento en la activación cortical y subcortical, se espera que los estímulos desagradables se relacionen con una alta actividad prefrontal.

1.6.2.3. *Hipótesis referentes a las emociones y la personalidad*

1.6.2.3.1. *Fundamento teórico*

Los factores de personalidad influyen en el funcionamiento de diferentes áreas cerebrales como la corteza prefrontal (Ikeda et al., 2014; Sato et al., 2012; Wang et al., 2018). El estudio de las diferencias individuales ha destacado que existen diferencias en el modo de procesar los estímulos emocionales (Canli et al., 2001). Las personas con puntuaciones altas en Neuroticismo muestran una funcionalidad alterada de las estructuras prefrontales que se relacionaría con una predisposición a experimentar emociones negativas de manera más frecuente y de forma más intensa, y también a padecer trastornos psicopatológicos asociados a la ansiedad o a la depresión (Eysenck, 1991; Kawano et al., 2016; Nishida et al., 2017). Por otro lado, las personas alta impulsividad, como aquellas con altas puntuaciones en Búsqueda de Sensaciones son más sensibles a las recompensas y menos afectados por los castigos (Zuckerman, 1991). En base a estos hallazgos previos se postulan las siguientes dos hipótesis.

1.6.2.3.2. *Hipótesis 3*

Si el rasgo de Neuroticismo se relaciona con una mayor activación subcortical y un bajo control prefrontal ante estímulos negativos, las personas con puntuaciones elevadas en Neuroticismo presentarán una baja actividad prefrontal ante estímulos desagradables.

1.6.2.3.3. *Hipótesis 4*

Si el rasgo de Búsqueda de Sensaciones se relaciona con una mayor activación subcortical y un bajo control prefrontal ante estímulos positivos, las personas con puntuaciones elevadas en Búsqueda de Sensaciones presentarán una baja actividad prefrontal ante estímulos agradables.

2. ESTUDIOS EXPERIMENTALES

Con la idea de abordar los principales objetivos planteados en esta tesis se llevaron a cabo tres estudios. Cada uno de ellos se centra en distintos objetivos específicos, pero siguiendo una línea común de conocimiento. A través de estos diseños experimentales se pretende abordar el análisis de la actividad prefrontal relacionada con tareas cognitivas, emocionales y observar la relación de tales procesos con diferentes factores de personalidad. Las tres investigaciones analizan la actividad de la corteza prefrontal a través de un dispositivo de espectroscopia funcional de infrarrojo cercano. Cada estudio se presenta de forma individualizada con la estructura clásica de introducción, método, resultados y discusión. Al final de cada apartado introductorio se incluyen los objetivos e hipótesis específicas de cada estudio.

El primero de los estudios plantea una tarea cognitiva clásica de memoria de trabajo con diferentes niveles de dificultad. Se analiza la actividad prefrontal en función del nivel de carga cognitiva relacionada con la dificultad de la tarea. Seguidamente, el segundo de los estudios se centra en investigar la actividad prefrontal ante la presentación de distintas escenas emocionales para sujetos con puntuaciones extremas en distintos factores de personalidad. Para ello se diseñó una tarea de visualización pasiva de imágenes con distinta valencia emocional. Por último, el tercero de los estudios analiza las respuestas prefrontales ante bloques de estímulos sociales emocionales. Asimismo, en este diseño se analiza también la respuesta prefrontal en función del rasgo de personalidad Neuroticismo.

En los siguientes apartados se expone una explicación detallada de cada uno de estos tres estudios, incluyendo su conceptualización teórica, el método utilizado, los resultados obtenidos y la discusión de dichos resultados. En el momento de la redacción de esta tesis parte de los resultados presentados en el estudio 1 se encuentran en revisión para su publicación (Lucas et al., en revisión). Parte de los resultados presentados en los estudios 2 y 3 han sido publicados recientemente en revistas científicas (Balada, Lucas, Blanch, Blanco y Aluja, 2019; Lucas, Balada, Blanco y Aluja, 2019) y se presentan en esta tesis con autorización expresa de todos los autores.

2.1. Estudio 1: Activación prefrontal en función de la carga en una tarea de memoria de trabajo

2.1.1. *Introducción*

Las funciones ejecutivas son una serie de procesos cognitivos superiores que permiten la ejecución de tareas complejas y la adaptación de la respuesta en situaciones de incertidumbre o cambiantes. Las funciones ejecutivas facilitan procesos como la metacognición, el desarrollo de ideas complejas, la planificación de acciones elaboradas, la inhibición de la respuesta, prever posibles resultados de una acción, resistirse a una tentación o mantener la atención de forma sostenida (Diamond, 2013). Esta serie de procesos son especialmente relevantes en el ser humano y son uno de los principales elementos diferenciadores entre especies. La función final de todos estos procesos es la de mejorar la capacidad de adaptación de un individuo a su entorno, posibilitando la elección de la mejor opción y favoreciendo así su supervivencia. Todos estos procesos cognitivos superiores tienen, por lo tanto, una función adaptativa.

Una de las funciones ejecutivas superiores más estudiadas es la memoria de trabajo. Esta ha sido definida como la capacidad de mantener y manipular una cantidad limitada de información de manera temporal (Hakun y Johnson, 2017; Wang et al., 2019). La diferencia fundamental entre la memoria de trabajo y la memoria a corto plazo es que esta última solo hace referencia a la capacidad de mantener la información por un breve periodo de tiempo. Los procesos de memoria de trabajo se han relacionado con distintas zonas cerebrales. Estructuras como la corteza prefrontal, la red frontoparietal, la corteza cingulada, el mesencéfalo o el cerebelo han demostrado tener relevancia en estos procesos.

El número de elementos totales que se pueden almacenar al mismo tiempo ha sido estimado entre 5 y 9, por ello se ha considerado que la capacidad de un adulto medio se sitúa alrededor de 7 ± 2 elementos (Miller, 1994). La ejecución en las tareas que requieran memorizar un número mayor de elementos puede mejorarse con el uso de distintas estrategias cognitivas.

Una de estas estrategias puede ser la agrupación de los elementos almacenados en diferentes "chunks" de memoria (Gobet et al., 2001). La agrupación de los elementos mejoraría la ejecución de una tarea, puesto que la misma capacidad incluirá un mayor número de elementos. Independientemente de la estrategia utilizada, el número total de elementos que se pueden memorizar no varía en demasía. Una tarea con mayor carga de memoria de trabajo requerirá, por lo tanto, mayores recursos en las estructuras correspondientes e incluso la activación de sistemas asociados a una diferente estrategia.

Una mejor ejecución en tareas de memoria de trabajo se ha relacionado con una mayor actividad de las estructuras prefrontales asociadas a estos procesos (Ogawa, Kotani y Jimbo, 2014). El nivel de carga en las tareas de memoria de trabajo también se ha asociado con una mayor activación en estas áreas (Braver et al., 1997; Cohen et al., 1997). La actividad de la corteza prefrontal podría estar modulando la respuesta atencional y evitando la distracción mediante la evitación de otros estímulos irrelevantes (Engle, 2002). Una mayor activación de la corteza prefrontal neutralizaría la inhibición lateral de áreas posteriores mediante conexiones frontoparietales (Edin et al., 2009). Esto mejoraría la capacidad mnemónica mejorando la ejecución de las tareas que requieran el almacenamiento de información a corto plazo.

Las habilidades cognitivas de cada individuo limitan la capacidad y la ejecución en estas tareas. Esto significa que las alteraciones neurológicas y psicopatológicas influirán en las capacidades de la memoria de trabajo (Baddeley et al., 1991; Constantinidis y Klingberg, 2016; Martinussen, Hayden, Hogg-Johnson y Tannock, 2005; Stopford, Thompson, Neary, Richardson y Snowden, 2012). Asimismo, factores como la edad, el consumo de cafeína o el estado hormonal deben considerarse también entre las variables que condicionan la capacidad en la memoria de trabajo (Chai, Hamid y Abdullah, 2018).

Desde el punto de vista neurocientífico, las técnicas de neuroimagen han sido ampliamente utilizadas para estudiar las activaciones cerebrales asociadas a los procesos de memoria de trabajo. De estas, la técnica más común ha sido la imagen por resonancia magnética funcional. Sin embargo, los sistemas de resonancia magnética presentan un gran número de limitaciones que condicionan las características de las investigaciones (Niu et al., 2013). Entre tales limitaciones encontramos la incomodidad y falta de movilidad de los participantes, la posible sensación de claustrofobia que produce el uso de esta técnica o el alto coste que requiere la utilización de los sistemas de resonancia magnética. La espectroscopia funcional de infrarrojo cercano se presenta como una alternativa poco invasiva y menos costosa para medir los cambios en la actividad de la corteza prefrontal (Yamashita et al., 1996). Las señales de espectroscopia funcional han sido correlacionadas con activaciones obtenidas mediante resonancia magnética y permiten crear un entorno más ecológico para los participantes, así como suponer un coste significativamente menor (Cui et al., 2011).

Investigaciones previas han aplicado diferentes paradigmas para evaluar la memoria de trabajo utilizando la técnica de espectroscopia funcional. Molteni, Butti, Bianchi y Reni (2008) la aplicaron para evaluar la actividad de la corteza prefrontal en función de la carga en una tarea N-back con diferentes niveles de dificultad. Sus resultados mostraron una mayor actividad en la corteza prefrontal en las tareas con mayor carga cognitiva. Por su parte, Tanida, Sakatani y Tsujii (2012) utilizaron el paradigma de Sternberg para medir la ejecución en una tarea de memoria de trabajo. Estos autores observaron cómo el nivel de ejecución en la tarea correlacionaba con una activación de la corteza prefrontal a nivel bilateral.

El paradigma de Sternberg es una de las principales pruebas utilizadas para medir la memoria de trabajo. Su versión original data de los años 60 (Sternberg, 1966). El paradigma consiste en la presentación de una serie de elementos (normalmente letras o dígitos) que deben ser memorizados, tras un breve periodo de tiempo, se presentan de forma individualizada distintos elementos y el participante debe responder si cada uno de estos elementos

se encontraba o no en la lista anterior. Por lo tanto, este paradigma establece de forma diferenciada las distintas fases de codificación, mantenimiento y recuerdo, necesarias para llevar a cabo esta tarea (Liu et al., 2018). Se requiere almacenar una serie de elementos de forma temporal, y seguidamente, compararlos con los elementos presentados para evaluar si estaba o no en la lista anterior.

El objetivo específico de esta investigación es observar las diferencias en la actividad de la corteza prefrontal en función de la carga cognitiva en la memoria de trabajo. Para ello se usará el paradigma de Sternberg con distintos niveles de dificultad y la técnica de espectroscopia funcional de infrarrojo cercano.

En base a la literatura publicada sobre la carga en la memoria de trabajo y las diferentes técnicas de neuroimagen se hipotetiza que la corteza prefrontal mostrará diferencias en función de la dificultad de la tarea. Las tareas que requieran una mayor carga cognitiva deberían mostrar una mayor activación de forma bilateral.

2.1.2. *Método*

2.1.2.1. *Participantes*

Un total de 43 mujeres sanas participaron en el estudio, la media de edad de las participantes fue de 19.6 años (DT = 1.5). Todas las participantes seleccionadas para este estudio eran diestras, para controlar posibles efectos de lateralidad. Ninguna de las participantes informó de antecedentes de trastornos psicológicos, abuso de sustancias o estar bajo ningún tipo de tratamiento farmacológico en el momento de la prueba. Se controló también la fase de ciclo menstrual y las horas de sueño. Se pidió a las participantes que no tomaran tabaco, café o bebidas estimulantes durante las 12 horas previas a la prueba. Todas las participantes fueron informadas debidamente antes de la prueba y todas ellas firmaron un consentimiento informado de

participación en la misma (Ver Anexos III y IV). El estudio fue aprobado por el comité de ética de la institución (Ver Anexo II).

2.1.2.2. *Procedimiento*

El estudio constó de una sola sesión experimental. Tras llegar al laboratorio se explicaba el procedimiento a cada una de las participantes y se procedía a firmar el consentimiento informado (Ver Anexos III y IV). El estudio se llevó a cabo en una Jaula de Faraday aislada acústica y electromagnéticamente, con una sala independiente para el participante y otra para el experimentador (Ver Anexo VII). La sala estaba iluminada con una luz tenue. La participante se situaba en una silla cómoda, de frente a la pantalla de 32'. La distancia entre la pantalla y la cara de la participante era de 100 cm.

La tarea a realizar consistía en una "Classic Sternberg Working Memory Task". Este procedimiento incluye fases de codificación, mantenimiento y recuperación de elementos memorizados. Las instrucciones dadas a las participantes fueron que debían memorizar la cadena de letras que apareciera en pantalla, y que tras unos segundos irían apareciendo letras en la pantalla, su tarea consistía en responder si las letras presentadas estaban o no presentes en la cadena anteriormente presentada. Para ello debían pulsar un botón verde si creían que la letra estaba presente o un botón rojo si creían que no había estado presentada. Las respuestas debían hacerse con el dedo índice de la mano derecha. Las participantes recibieron instrucciones para intentar responder de forma correcta y lo más rápido que pudieran. Cada uno de los ensayos consistía en la presentación de una cruz de fijación de un segundo de duración, seguida por una cadena de letras, mostrada durante ocho segundos, una máscara durante tres segundos, para evitar efectos de memoria visual y seguidamente ocho letras sueltas una por una ante las que tenían que responder. Cada letra se presentaba durante tres segundos, durante los que debían emitir la respuesta. Entre letra y letra se estableció un intervalo de un segundo (Figura 41). La longitud de la cadena de letras

presentada era variable, pudiendo presentarse tres distintos niveles de dificultad (Fácil = 4 letras, Medio = 8 letras y Difícil = 12 letras). Posteriormente a las instrucciones y antes de empezar la tarea las participantes realizaron un bloque de prueba para familiarizarse con el paradigma.



Figura 41

Secuencia de presentación de la tarea

Se presentaron un total de nueve ensayos, tres para cada nivel de dificultad, de manera aleatorizada. Las letras presentadas eran todas consonantes (a excepción de la "Y") elegidas de forma aleatoria. Antes de comenzar con los ensayos experimentales las participantes realizaron un bloque de prueba para familiarizarse con el procedimiento. Entre cada uno de los bloques experimentales se realizaron periodos de descanso variables de entre 25 y 35 segundos, con la finalidad de volver a niveles basales de activación.

2.1.2.3. Evaluación de la actividad prefrontal mediante espectroscopia funcional de infrarrojo cercano (fNIRS)

Durante la realización de la tarea se registró la actividad de la corteza prefrontal mediante un sistema de espectroscopia funcional de infrarrojo cercano. El módulo utilizado fue el fNIR 1100, con una banda de registro con cuatro emisores LED y diez sensores para un total de 16 canales que cubrían toda el área prefrontal (Ver Anexo VIII). Para el registro de la actividad prefrontal se utilizaron dos longitudes de onda, de 750 y 830 nm, para analizar los cambios en hemoglobina desoxigenada (HbR) y oxigenada (HbO₂) respectivamente. El sensor se colocó centrado, sobre la línea de las cejas,

alineado con la posición de los electrodos F7, FP1, FP2 y F8 tomando como referencia el sistema internacional 10-20 EEG. Las zonas registradas correspondían a las áreas de Brodmann 9, 10, 44, 45, 46 y 47. El registro se llevó a cabo mediante el software Cognitive Optical Brain Imaging (COBI) Studio (Ayaz, 2005) (Ver Anexo IX). La intensidad de la luz LED y la amplificación de la señal fueron calibradas para cada una de las participantes, buscando que las señales en todos los canales mostraran un registro entre 400 y 4000 mV, para evitar señales muy débiles o registros saturados.

Para el procesamiento y análisis de la señal de espectroscopia se utilizó el software fNIRSoft (Ayaz, Shewokis, Bunce y Onaral, 2018) (Ver Anexo IX). La señal directa se filtró utilizando un algoritmo de paso bajo de respuesta finita al impulso de orden 20 con una frecuencia de corte de 0.1 Hz, con la finalidad de reducir los ruidos asociados a la actividad cardíaca y a la respiración (Ayaz et al., 2012). A continuación, se utilizó un filtro para reducir el ruido asociado al movimiento y eliminar aquellos canales muy bajos o saturados (Sliding-window Motion Artifact Rejection (SMAR) (Ayaz et al., 2010). Una vez aplicados los filtros se realizó una inspección visual para eliminar aquellas señales muy débiles (< 400 mV) o saturadas (> 4000 mV). Los cambios en la hemoglobina se calcularon para ventanas de 42 segundos tras la presentación de cada cruz de fijación, utilizando una línea de base de 10 segundos anteriores a cada uno de los bloques. Para ello se aplicó la fórmula de la Ley de Beer-Lambert Modificada. A través de los valores obtenidos de los cambios en HbO₂ y HbR se calcularon los valores de hemoglobina total (HbT) y de diferencias entre HbO₂ y HbR (Oxy).

2.1.2.4. *Análisis estadísticos*

2.1.2.4.1. *Ejecución de la tarea*

Los resultados de ejecución de la tarea de memoria de trabajo se calcularon mediante la fórmula $\frac{(\text{aciertos} - \text{errores}) * 100}{24}$. Se llevaron a cabo comparaciones entre los diferentes niveles de dificultad utilizando pruebas T

de muestras relacionadas para el nivel general de ejecución y el tiempo de reacción.

2.1.2.4.2. *Actividad prefrontal*

Las activaciones de la corteza cerebral se calcularon a partir de los cambios en la oxigenación de la hemoglobina presente en la corteza prefrontal. El área registrada se dividió en cuatro cuadrantes: lateral izquierdo (Q1 = canales 1, 2, 3 y 4), central izquierdo (Q2 = canales 5, 6, 7 y 8), central derecho (Q3 = canales 9, 10, 11 y 12) y lateral derecho (Q4 = canales 13, 14, 15 y 16); el valor de cada uno de los cuadrantes fue formado por los valores medios de los cuatro canales correspondientes.

Para comprobar la existencia de diferencia entre las oxigenaciones correspondientes a los diferentes niveles de dificultad se utilizó un análisis de varianza (ANOVA). Los efectos observados se corrigieron mediante el procedimiento Greenhouse-Geiser para evitar posibles efectos de violación de la esfericidad. La magnitud de los efectos se evaluó mediante el estadístico η_p^2 . Este valor representa la variabilidad total atribuible a un factor, controlando el posible efecto de otros factores. Los valores de $\eta_p^2 < 0.05$ son normalmente considerados pequeños, $0.05 \leq \eta_p^2 < 0.15$ como medianos y $\eta_p^2 > 0.15$ como grandes (Cohen, 1988).

Teniendo en cuenta el factor temporal, se empleó una prueba ANOVA de medidas repetidas con dos factores intragrupo (Dificultad y tiempo). El factor de dificultad presentaba tres valores: fácil, media y difícil. Mientras que el factor tiempo se estableció teniendo en cuenta las diferentes etapas de la tarea, con una duración total de 42 segundos por bloque. Así, se estableció un primer periodo de 12 segundos correspondiente a la cruz de fijación, la secuencia a memorizar y la máscara. Seguidamente se establecieron seis periodos de cinco segundos, correspondientes a la fase en la que se debían emitir respuestas. De esta forma los periodos temporales incluidos en el análisis fueron siete (1-12, 13-17, 18-22, 23-27, 28-32, 33-37 y 38-42

segundos), siendo el valor de cada uno de ellos calculado a partir de los valores medios recogidos dentro de cada periodo.

2.1.3. Resultados

2.1.3.1. Ejecución de la tarea

Los resultados en la ejecución de la tarea mostraron diferencias entre las tres condiciones de dificultad. De esta forma, la ejecución en los ensayos fáciles resultó mejor que la de los ensayos medios ($p < 0.001$) y difíciles ($p < 0.001$). Asimismo, la ejecución para los ensayos medios fue mejor que para los difíciles ($p < 0.001$). Los resultados de ejecución están representados en la Figura 42, cada columna representa la ejecución media para cada nivel de dificultad y el error estándar (SEM) para cada medida.

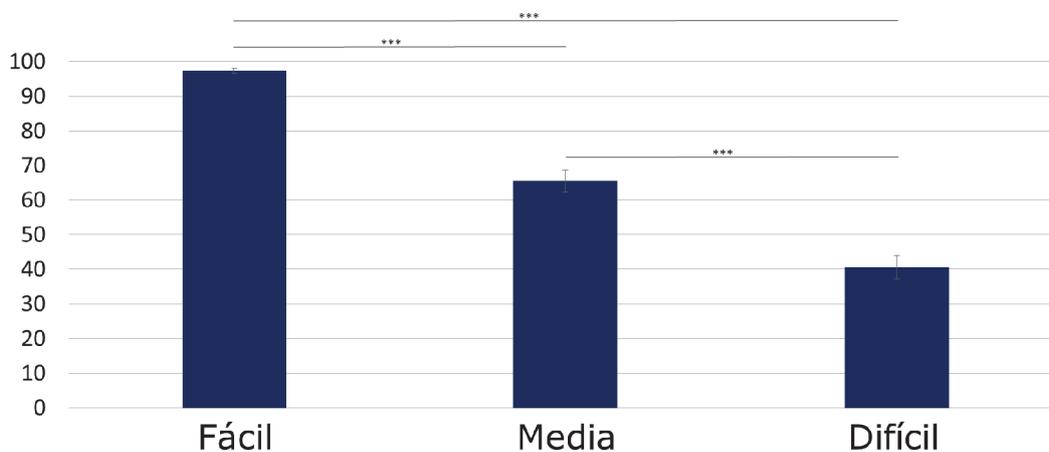


Figura 42

Resultados de ejecución de la tarea en función de la dificultad

En la Tabla 12 se recogen los resultados de tiempo de reacción medio (en milisegundos) para cada dificultad. En la tabla se exponen de forma diferenciada los tiempos de reacción medios para las respuestas correctas y las respuestas incorrectas. Para los aciertos se observaron diferencias

significativas entre los tres niveles de dificultad. Los ensayos fáciles fueron los que menor tiempo de reacción mostraron, en comparación con los medios ($p < 0.001$) y los difíciles ($p < 0.001$). En la misma dirección, los ensayos medios también mostraron una respuesta más rápida que los de mayor dificultad ($p < 0.004$). En el caso de los ensayos erróneos, las diferencias siguieron la misma dirección, siendo los ensayos fáciles los que mostraron una reacción más rápida, seguidos por los medios ($p < 0.001$) y los difíciles ($p < 0.001$). Entre los ensayos erróneos medios y difíciles también se observaron diferencias que no llegaron al nivel de significación aplicando la corrección de Bonferroni ($p > 0.03$).

Tabla 12

Tiempos de reacción medios y desviación típica en función de la dificultad y la precisión de la respuesta

Dificultad	TR Aciertos	TR Errores
Fácil	878.5 (179.1)	869.5 (326)
Media	1169.4 (247.8)	1354.5 (315)
Difícil	1260.9 (253)	1502.1 (289)

2.1.3.2. Actividad prefrontal

La Tabla 13 muestra los valores medios y los resultados del análisis de varianza entre los tres niveles de dificultad para las cuatro variables hemodinámicas (HbO₂, HbR, HbT y Oxy). Los valores de cada uno de los cuatro cuadrantes se exponen de forma diferenciada. Los análisis mostraron diferencias en HbO₂, HbT y Oxy en todos los cuadrantes en función de la carga cognitiva de la tarea. Comparaciones post-hoc revelaron una mayor activación durante los niveles de dificultad medio y difícil en comparación con el fácil, este efecto era visible en todos los cuadrantes. No se observaron diferencias entre las dificultades media y difícil en ninguno de los cuadrantes.

Tabla 13

Valores medios y análisis de varianza de las variables hemodinámicas en función de la dificultad

	HbO ₂					HbR				
	Fácil	Media	Difícil	F	η^2	Fácil	Media	Difícil	F	η^2
Q1	-0.05	0.14	0.14	12.94***	.24	-0.07	-0.05	-0.08	0.65	.02
Q2	-0.11	0.08	0.07	8.75***	.17	-0.03	-0.01	-0.03	0.31	.01
Q3	-0.17	0.07	0.10	15.50***	.27	-0.04	-0.03	-0.02	0.47	.01
Q4	-0.04	0.15	0.15	15.23***	.27	-0.05	-0.04	-0.06	0.97	.02

	HbT					Oxy				
	Fácil	Media	Difícil	F	η^2	Fácil	Media	Difícil	F	η^2
Q1	-0.11	0.09	0.06	10.30***	.20	0.01	0.20	0.21	11.76***	.22
Q2	-0.14	0.07	0.04	7.48**	.15	-0.07	0.10	0.10	6.42**	.13
Q3	-0.21	0.04	0.08	12.96***	.24	-0.12	0.10	0.13	12.86***	.23
Q4	-0.10	0.11	0.08	13.49***	.24	0.01	0.19	0.21	12.43***	.23

*= $p < 0.05$; **= $p < 0.01$; ***= $p < 0.001$

La evolución temporal de la variable Oxy en cada uno de los canales para cada nivel de dificultad se muestra en la Figura 43. El análisis de varianza de medidas repetidas mostró un efecto de la interacción de la carga cognitiva con el tiempo en todos los cuadrantes (Todas las $p < 0.001$). Las comparaciones post-hoc entre pares indicaron mayores valores de Oxy para las dificultades media y difícil en todos los periodos comprendido entre los segundos 12 y 42. Dicho efecto se observó en la corteza prefrontal lateral de ambos hemisferios y en la corteza prefrontal medial del hemisferio derecho. Para realizar tales comparaciones se aplicó la corrección de Bonferroni. Las únicas diferencias entre las dificultades media y difícil se observaron durante el último tramo de registro (38-42 s) en la corteza prefrontal medial derecha. Esta misma región fue la que también mostró mayores diferencias entre la dificultad fácil y las dos más complejas (Figura 44).

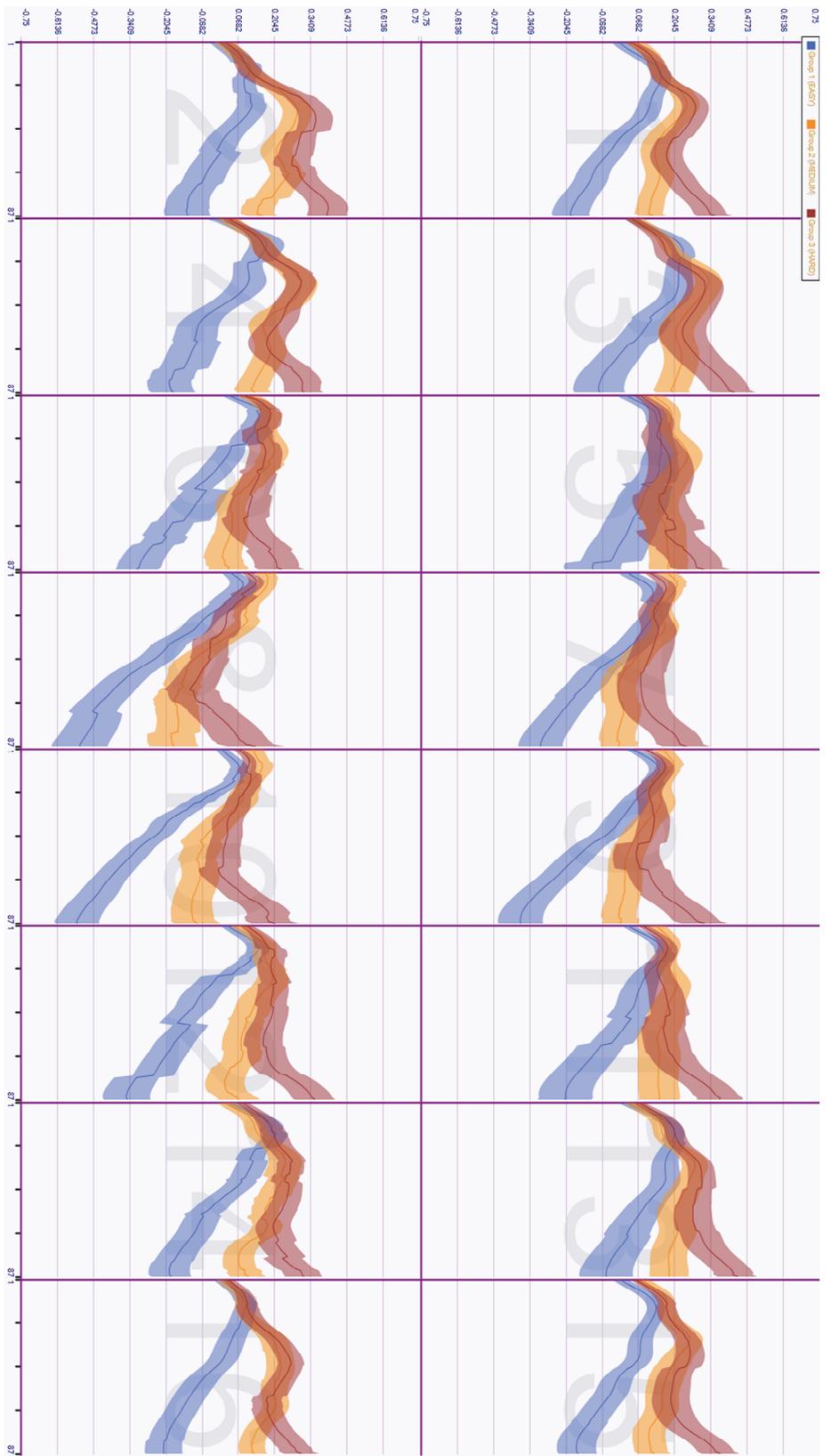


Figura 43

Evolución temporal de la activación de cada canal por nivel de dificultad

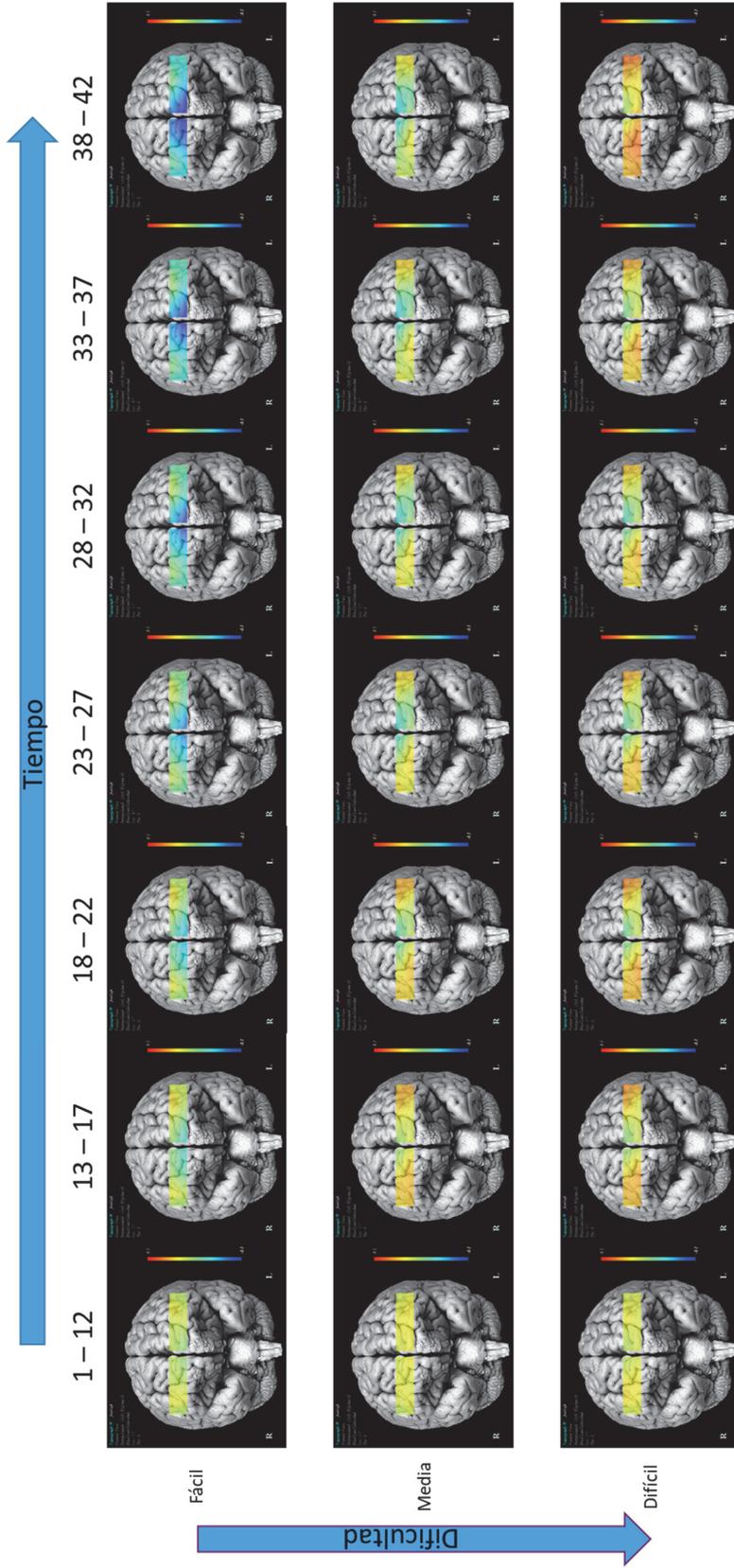


Figura 44

Representación topográfica de la activación para cada nivel de dificultad de la tarea

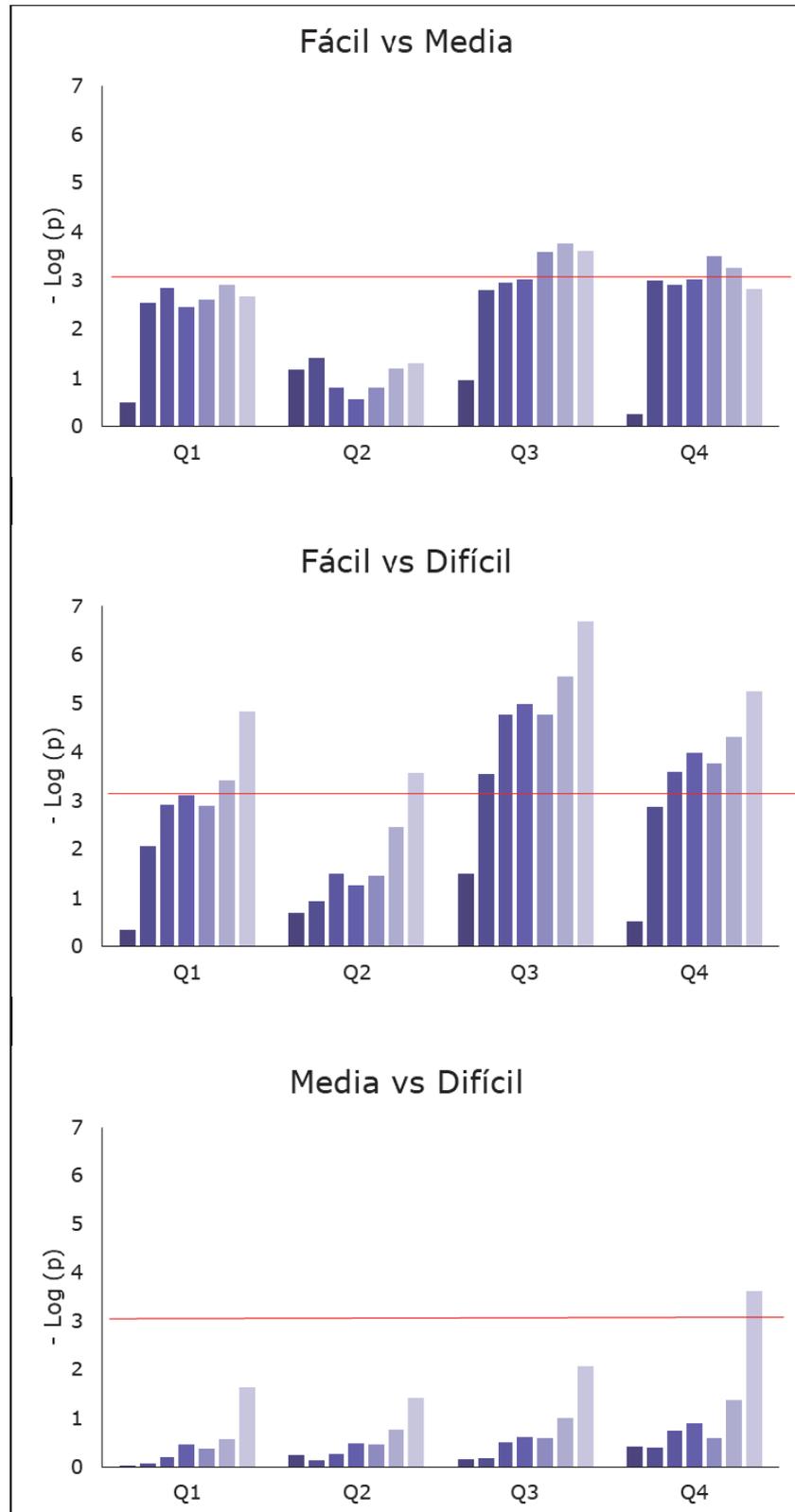


Figura 45

Diferencias entre niveles de dificultad

La Figura 45 representa la transformación logarítmica de los valores de p para cada área (Q1 = lateral izquierdo; Q2 = central izquierdo; Q3 = central derecho; Q4 = lateral derecho) y momento temporal comparando entre dificultades. Cada una de las barras representa un momento temporal (De izquierda a derecha: 1-12, 13-17, 18-22, 23-27, 28-32, 33-37 y 38-42 segundos). La línea roja representa, por lo tanto, un valor de $p = 10^{-3}$.

2.1.4. *Discusión*

El objetivo de esta investigación era observar las diferencias en activación prefrontal en respuesta a los distintos niveles de dificultad en un proceso de memoria de trabajo. La literatura previa sobre tales procesos sugiere que la actividad en la corteza prefrontal deberá incrementarse con la dificultad de la tarea (D'Esposito et al., 1998; Tomasi, Ernst, Caparelli y Chang, 2006). Los resultados de esta investigación concuerdan con tal hipótesis. Los cambios en niveles de oxigenación de la hemoglobina indican una activación de las estructuras de la corteza prefrontal. La actividad de la corteza prefrontal se incrementó en ambos hemisferios en función de la dificultad de la tarea. Las mayores diferencias se observaron comparando el nivel de dificultad menor con las otras dos dificultades. La actividad prefrontal era significativamente mayor en los dos niveles más altos de dificultad. Esto podría estar indicando un mayor requerimiento de recursos cognitivos para ejecutar tareas con elevada carga cognitiva (D'Esposito et al., 1998; Molteni et al., 2008; Tomasi et al., 2006).

Los resultados en ejecución y tiempo de reacción para los diferentes niveles de dificultad fueron los esperados en función de la carga de trabajo. La ejecución fue significativamente mejor en la dificultad fácil, peor en la condición media, y aún peor en el nivel difícil. Por su parte, el tiempo de reacción también fue más corto en la tarea fácil, más lento en la media y todavía más lento en la difícil. Estos resultados dan validez a los distintos niveles de dificultad.

El nivel de dificultad menor en esta tarea (4 letras) se encuentra dentro de las capacidades memorísticas que se le presuponen a una persona adulta sana (Miller, 1994). Sin embargo, los niveles medio (8 letras) y difícil (12 letras) se encontrarían en el límite y sobrepasando estas capacidades, respectivamente. Un diseño basado en el paradigma de Sternberg, además de diferenciar entre las fases de codificación, mantenimiento y recuerdo (Liu et al., 2018), permite observar los cambios en la actividad cerebral que ocurren a lo largo de la tarea. Al igual que en otras señales hemodinámicas, los cambios observados mediante la técnica de espectroscopia poseen un retraso temporal respecto a la activación de la zona detectada (Cui, Bray y Reiss, 2010). Es importante tener en cuenta este retraso a la hora de relacionar la actividad detectada con los distintos procesos subyacentes.

Los niveles de oxigenación de la corteza prefrontal se fueron incrementando a lo largo de cada bloque, principalmente en el nivel de dificultad mayor. Al principio de los bloques se observó un incremento, especialmente en las áreas laterales. Este primer componente se observó en los tres niveles de dificultad, y podría estar relacionado con mecanismos de memorización y mantenimiento. De igual forma, en los niveles de dificultad medio y, sobre todo, en el difícil, se observó un segundo componente de activación más tardío. Esta segunda activación correspondería a la fase de respuesta, y por lo tanto a los esfuerzos cognitivos necesarios para mantener y recuperar una cantidad de información elevada.

Las activaciones diferenciales en función de la dificultad son observables en prácticamente toda la corteza prefrontal, sin embargo, cabe destacar dos elementos que muestran unas diferencias más significativas. Esto son las zonas laterales de ambos hemisferios y la corteza prefrontal medial derecha. Por su parte, la actividad de la corteza prefrontal dorsolateral se ha asociado a tareas de codificación y recuerdo, mientras que la corteza prefrontal ventrolateral se ha relacionado con procesos de mantenimiento de la información (D'Esposito, Postle y Rypma, 2000). Por otro lado, la activación observada en la parte medial de la corteza prefrontal, principalmente en los niveles de dificultad elevados, podría estar relacionada con la necesidad de

usar una estrategia cognitiva diferente para conseguir realizar estas tareas (Rypma et al., 1999).

En esta tarea, la actividad prefrontal podría estar neutralizando la inhibición lateral de áreas posteriores a través de sus conexiones frontoparietales (Edin et al., 2009), modulando así los procesos atencionales. La mayor actividad observada en las dificultades elevadas focalizaría la atención, evitando prestar atención a otros estímulos irrelevantes para la tarea (Engle, 2002).

En conclusión, esta investigación ayuda a entender mejor los procesos cognitivos subyacentes a una tarea de memoria de trabajo, y cómo estos se asocian a diferentes activaciones de la corteza prefrontal en función de la carga cognitiva. Los cambios en activación en función de los distintos niveles de dificultad fueron en consonancia con la literatura previa. Los niveles de dificultad más elevados requieren de una mayor carga cognitiva y por ello se asocian a una mayor respuesta de las estructuras prefrontales. La espectroscopia funcional de infrarrojo cercano ha demostrado ser una herramienta válida para medir las activaciones que se producen en relación a estos procesos.

2.2. Estudio 2: Actividad prefrontal y procesamiento emocional en función del Neuroticismo y la Búsqueda de Sensaciones

2.2.1. *Introducción*

Los procesos emocionales alterados son una de las principales características de los desórdenes psicológicos. Dichas alteraciones pueden ocurrir a diferentes niveles, desde la correcta identificación del estímulo desencadenante de la emoción hasta las diferentes estrategias regulatorias encargadas de modular la emoción (Sheppes, Suri y Gross, 2015). Gross y Jazaieri (2014) consideran que tales disfunciones ocurrirán principalmente en las primeras etapas del proceso emocional, es decir, durante la generación de la emoción. La forma en la que se detectan los estímulos emocionales, las respuestas a esos estímulos, así como los procesos encargados de modular las respuestas emocionales estarán influenciados por diferencias individuales, como son los rasgos de personalidad (Joormann y Quinn, 2014). La correcta percepción de los estímulos emocionales es esencial para que se produzca un procesamiento correcto de la emoción. Una disfunción en los procesos de percepción a nivel afectivo puede provocar sesgos de hipo-/hiper-atención hacia tales estímulos.

Diversos trastornos psicológicos se caracterizan por una alteración atencional, principalmente los desórdenes relacionados con la ansiedad. Los individuos con una alta ansiedad han mostrado sesgos atencionales hacia los estímulos amenazantes en comparación a los sujetos bajos en ansiedad (Bar-Haim, Dan, Eshel y Sagi-Schwartz 2007; Basten, Stelzel y Fiebach, 2011). Las personas con un elevado rasgo de ansiedad muestran menores activaciones prefrontales asociadas al control atencional (Bishop, 2009).

Eysenck Derakshan, Santos y Calvo (2007) propusieron en su Teoría de Control Atencional que la atención puede estar determinada por los objetivos o por los estímulos. En el primero de estos casos estaríamos hablando de un mecanismo de control "arriba-abajo", mientras que en el

segundo sería un proceso "abajo-arriba". Según esta teoría, la ansiedad favorecería el mecanismo de control por los estímulos y reduciría el control por los objetivos.

Los procesos "abajo-arriba" activarán mecanismos atencionales relacionados con la valoración de las propiedades afectivas de los estímulos. Por su parte, los procesos "arriba-abajo" activarán procesos cognitivos superiores asociados comúnmente a la activación de estructuras prefrontales (Dalgleish, 2004; Ochsner et al., 2009). La atención ofrecida a un estímulo dependerá, por lo tanto, de su saliencia y de la valoración emocional que se le conceda (Bishop, 2008). La actividad prefrontal reducida se relacionará, por lo tanto, con mecanismos de control "abajo-arriba" y un menor control cognitivo.

La presencia de estímulos amenazantes provocará la sobreactivación de estructuras subcorticales asociadas a la respuesta emocional como por ejemplo la amígdala. La sobreactivación de dichas estructuras permitirá una rápida identificación de estos estímulos y permitirá una respuesta rápida que favorece la supervivencia en un entorno peligroso (Dolan y Vuilleumier, 2003; Kim y Hamann, 2007; Phelps y LeDoux, 2005). La estimulación magnética transcraneal de la corteza prefrontal lateral ha demostrado ser un elemento útil en el tratamiento de trastornos depresivos (Fox et al. 2012). Este tipo de tratamiento ha sido aprobado por la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés) (Connolly et al., 2012). La oxigenación frontal bilateral durante tareas de fluidez verbal se ha asociado a los efectos terapéuticos del tratamiento electroconvulsivo para la depresión (Hirano et al., 2017).

La influencia de la corteza prefrontal en los procesos de generación y regulación de la emoción es evidente (Dixon Thiruchselvam, Todd y Christoff, 2017). La mayoría de investigaciones se han centrado en estudiar la influencia de la corteza prefrontal en los procesos de regulación emocional, pero menor número de estudios han investigado su influencia en el proceso generador de la emoción. Diversos autores han remarcado la importancia de

las diferencias individuales en el procesamiento emocional que presentan aquellos endofenotipos asociados a trastornos mentales. Los patrones característicos de estos comportamientos podrían servir de marcadores de riesgo a padecer desórdenes mentales (Gottesman y Gould, 2003) y ayudar a una correcta identificación del trastorno. De hecho, un análisis factorial confirmatorio sugería que la comorbilidad de los desórdenes mentales se relacionaba con los procesos comunes entre ellos (Krueger, 1999).

En los modelos dimensionales de psicopatología, los estados disfuncionales serían aquellos que se situarían en alguno de los extremos de un continuo. Krueger y Markon (2006) propusieron un modelo factorial jerárquico con dos dimensiones, factores internalizantes y factores externalizantes. La Emocionalidad negativa o Neuroticismo se relacionaría con el riesgo a padecer trastornos internalizantes, mientras que la combinación de dicha Emocionalidad negativa junto con rasgos de Desinhibición predispondría a padecer desórdenes externalizantes (Krueger, Markon, Patrick y Iacono, 2005). El Neuroticismo y la Búsqueda de Sensaciones son dos dimensiones de personalidad independientes con fuertes asociaciones a nivel biológico asociadas a comportamientos internalizantes y externalizantes. Tanto el Neuroticismo como la Búsqueda de Sensaciones son factores de personalidad incluidos en el modelo de Zuckerman. Este modelo plantea relaciones con los procesos de aprendizaje, el comportamiento, el proceso emocional y la vulnerabilidad a la psicopatología.

El Neuroticismo o Emocionalidad negativa es un rasgo universal de la personalidad. Las personas con alto Neuroticismo son propensas a la ansiedad, la depresión, la preocupación, los cambios de humor y la susceptibilidad al estrés. El Neuroticismo es uno de los pilares centrales de los modelos bilógico-factoriales de personalidad (Eysenck y Eysenck, 1994; Gray y McNaughton, 2000; Zuckerman et al., 1993). El Neuroticismo está vinculado a la excitación del sistema retículo-límbico-cortical que controla la emoción (Eysenck, 1967). Según la propuesta de Gray, el Neuroticismo está asociado a la actividad de los sistemas cerebrales relacionados con patrones de ansiedad (Gray y McNaughton, 2000). Las bases cerebrales asociadas a

estos procesos ejercen una gran influencia en el comportamiento, principalmente ante la presentación de estímulos interpretados como activadores (Matthews, 2004). Por su lado, la Búsqueda de Sensaciones es otra de las dimensiones globales descritas en el modelo de Zuckerman. Es una dimensión definida por la necesidad de estimulación a nivel sensorial y el riesgo asumido asociado a tal estimulación (Zuckerman, 1994). La dimensión de Búsqueda de Sensaciones es una de las aportaciones más importantes del modelo de Zuckerman al estudio de la personalidad.

El Neuroticismo y la Búsqueda de Sensaciones presentan correlaciones cercanas a cero o negativas, por lo que pueden considerarse dos factores casi independientes (Zuckerman et al., 1993). El Neuroticismo ha presentado correlaciones significativas con la Sensibilidad al castigo, relacionada con el sistema de inhibición conductual en el modelo de Gray. Mientras que la Búsqueda de Sensaciones se ha correlacionado con la Sensibilidad a la recompensa, asociada al sistema de activación conductual (Aluja y Blanch, 2011; Aluja et al., 2013). Una investigación sobre valoraciones emocionales subjetivas reportó cómo sujetos con un alto nivel de Neuroticismo y un bajo nivel de Búsqueda de Sensaciones percibían que los estímulos aversivos eran más aversivos que los sujetos con bajo nivel de Neuroticismo y con una alta capacidad de Búsqueda de Sensaciones (De Pascalis, Valerio, Santoro y Cacace, 2007).

Estudios previos han asociado la ansiedad con una actividad alterada de la corteza prefrontal ventral y dorsolateral cuando la demanda de atención es baja (Bishop, 2009; Shiba, Santangelo, y Roberts, 2016). Las respuestas fásicas de miedo a estímulos potencialmente amenazantes están relacionadas tanto por la actividad de la amígdala, como por estructuras ventrolaterales de la corteza prefrontal. Sujetos con puntuaciones altas en rasgos de ansiedad mostraron una conectividad reducida entre la corteza prefrontal ventrolateral y estructuras límbicas subcorticales (Indovina, Robbins, Núñez-Elizalde, Dunn, y Bishop, 2011). La falta de regulación por parte de las estructuras frontales afectará a la extinción de la emoción ante estímulos percibidos como negativos (Ormen et al., 2013). La dimensión de Neuroticismo correlacionó negativamente con la conectividad funcional entre

la amígdala y la corteza prefrontal orbitofrontal y ventrolateral izquierda (Madsen et al., 2016). La conectividad afectada entre los sistemas prefrontales y las áreas límbicas subcorticales modula la respuesta a los estímulos negativos y podría ser un marcador de vulnerabilidad a padecer desórdenes afectivos (Cremers et al., 2010).

La espectroscopia funcional de infrarrojo cercano ha demostrado ser una herramienta útil para detectar los cambios en la oxigenación de la hemoglobina en regiones prefrontales ante estímulos de diferente valencia y nivel de arousal (Bandara, Velipasalar, Bratt, y Hirshfield, 2018; Nishitani y Shinohara, 2013). Estudios recientes con fNIRS han detectado cambios en la oxigenación de la corteza prefrontal ante la presentación de distintos estímulos afectivos (Rodrigo, Ayaz, y Rouco, 2016; Sun, Ayaz, y Akansu, 2015).

El objetivo principal de este estudio fue investigar la respuesta de la corteza prefrontal a estímulos afectivos en personas con puntuaciones extremas en Neuroticismo y Búsqueda de Sensaciones. Para tal propósito, se analizó la actividad de la corteza prefrontal durante la visualización pasiva de imágenes emocionales positivas y negativas utilizando fNIRS. La observación pasiva de imágenes debería permitir capturar las diferencias individuales en las capacidades atencionales, como alertar y orientar, involucradas en el proceso de generación de emociones. Los individuos con puntuaciones extremas en estas dimensiones, sin psicopatología, deberían presentar diferencias individuales sin los efectos de enmascaramiento de la sintomatología presentes en individuos con trastornos mentales.

La hipótesis principal es que los sujetos con alto Neuroticismo podrían presentar una activación de procesos automáticos y / o una inhibición de los mecanismos "arriba-abajo", lo que produciría una menor activación prefrontal ante estímulos desagradables que ante estímulos agradables, este efecto no debería ser observable en sujetos con altas puntuaciones en Búsqueda de Sensaciones. Sin embargo, los altos en Búsqueda de Sensaciones, caracterizados por su susceptibilidad a la recompensa, impulsividad y

desinhibición, podrían desactivar los procesos "arriba-abajo" y / o activar los procesos de "abajo-arriba" ante los estímulos reforzadores. Esto podría desencadenar una actividad prefrontal más baja ante las imágenes agradables en comparación con las desagradables.

2.2.2. *Método*

2.2.2.1. *Participantes*

En esta investigación participaron 24 mujeres universitarias (edad media=20; DT=1.74 años). Ninguna de las participantes informó haber padecido trastornos psicológicos ni problemas de abuso de sustancias. Tampoco ninguna de ellas bajo tratamiento psiquiátrico. Se pidió a las participantes que evitaran el consumo de tabaco, alcohol o sustancias estimulantes durante las 12 horas previas a la prueba. La participación en el estudio era voluntaria y tenía una gratificación de 15 euros. El estudio fue aprobado por el comité ético de la institución (Ver Anexo II). Todas las participantes recibieron información detallada sobre el estudio antes de participar y firmaron un consentimiento informado (Ver Anexos III y IV).

2.2.2.2. *Procedimiento*

Las participantes fueron seleccionadas de una muestra amplia de personas en base a sus puntuaciones en personalidad obtenidas a través de una prueba online. Se envió un correo electrónico invitando a rellenar una versión online del ZKA-PQ (Aluja et al. 2010). 163 mujeres respondieron al cuestionario. De esa muestra se seleccionaron 24 en base a sus puntuaciones en las dimensiones de Neuroticismo y Búsqueda de Sensaciones. Se contactó telefónicamente a las participantes que cumplían con los criterios para ser incluidas en alguno de los dos grupos. Se buscaron participantes que mostraran puntuaciones altas en una de las dimensiones y, a la vez, bajas en la otra dimensión. Teniendo en cuenta tales puntuaciones se formaron dos

grupos de acuerdo a la medias y las desviaciones típicas obtenidas en Neuroticismo (media=98.08; DT=20.98) y Búsqueda de Sensaciones (media=95.90; DT=17.52). Los criterios para ser incluidas en alguno de los dos grupos era tener puntuaciones mayores a la media más una desviación típica en una de las escalas y, a su vez, presentar puntuaciones menores a la media en la otra.

En el grupo Neuroticismo se incluyeron 11 participantes con una media de edad de 19.75 y una desviación típica de 1.54. Mientras que el grupo de Búsqueda de Sensaciones se formó con 13 participantes con una media de edad de 20.25 y una desviación típica de 2.09. No se observaron diferencias significativas respecto a la edad de los dos grupos a través del test no paramétrico de la U de Mann-Whitney ($U=58$; $p=0.65$). Antes de participar en la fase experimental todas las participantes fueron entrevistadas por un psicólogo especialista clínico para descartar historia de trastornos psicológicos. En la Figura 46 se representa gráficamente la distribución de los dos grupos en función de sus puntuaciones en Neuroticismo y Búsqueda de Sensaciones.

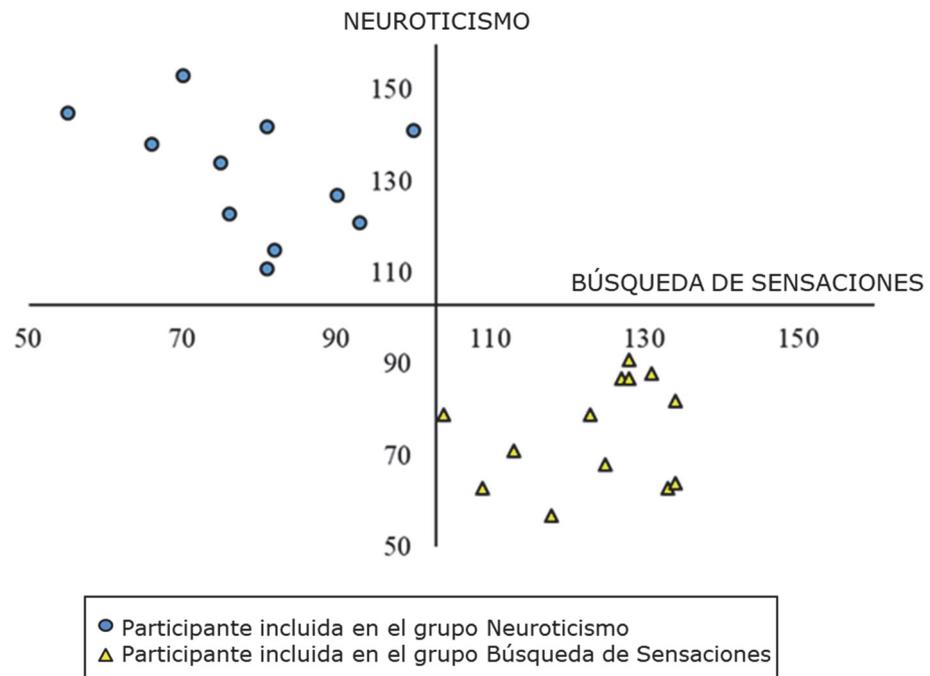


Figura 46

Distribución de cada participante en función del Neuroticismo y la Búsqueda de Sensaciones

La prueba llevada a cabo consistía en un paradigma de visualización pasiva de imágenes seleccionadas del International Affective Picture System (IAPS) (Lang et al., 2008). Se seleccionaron 10 imágenes positivas y 10 imágenes negativas, todas altamente activantes, en base a la validación española de este instrumento (Moltó et al., 1999). Cada imagen era presentada durante 9 segundos en un monitor de 32', con un intervalo entre ensayos de 18 segundos. El orden de las imágenes fue pseudoaleatorizado, con la condición que no se presentaran más de dos imágenes de la misma valencia de forma consecutiva. El orden de las imágenes fue el mismo para todas las participantes. Durante la visualización de las imágenes se registró la actividad prefrontal de las participantes mediante un sistema de espectroscopia funcional de infrarrojo cercano (fNIRS). La sesión experimental se llevó a cabo en una Jaula de Faraday aislada acústica y electromagnéticamente (Ver Anexo VII).

2.2.2.3. *Medidas*

2.2.2.3.1. *Evaluación de la personalidad*

Las dimensiones de personalidad fueron evaluadas utilizando una versión online del ZKA-PQ (Aluja et al., 2010), basado en el modelo de los Cinco factores alternativos de la personalidad de Zuckerman. El cuestionario consta de 200 ítems con 4 opciones de respuesta tipo Likert. En base a este cuestionario, la evaluación de la personalidad se subdivide en 5 factores (Neuroticismo, Búsqueda de Sensaciones, Actividad, Agresividad y Extraversión), con 4 facetas por cada uno de los factores. Para esta investigación solo se tuvieron en cuenta las dimensiones de Neuroticismo y Búsqueda de Sensaciones. El factor Neuroticismo se forma por las facetas de Ansiedad, Depresión, Baja autoestima y Dependencia. Por su parte, la Búsqueda de Sensaciones viene configurada por la Emoción y búsqueda de aventuras, la Búsqueda de experiencias, la Desinhibición y la Susceptibilidad al aburrimiento/impulsividad.

2.2.2.3.2. *Evaluación de la actividad prefrontal mediante espectroscopia funcional de infrarrojo cercano (fNIRS)*

La actividad en la corteza prefrontal se registró a través de un sistema fNIR 1100 (Ver Anexo VIII) utilizando el software COBI Studio (Ayaz, 2010) (Ver Anexo IX). Este es un sistema seguro, cómodo y no invasivo para registrar los cambios en la oxigenación de la hemoglobina en la corteza prefrontal. El sistema se forma de 3 componentes principales: la banda de registro flexible, un módulo de control del registro y un ordenador con el software COBI instalado. La banda de registro cuenta con 4 emisores de luz LED y 10 receptores para captar los cambios en la luminosidad. Cada par de emisor y receptor forma un canal de registro, para un total de 16 canales que cubren toda el área prefrontal. La banda se colocó centrada encima de las cejas, alineada con la posición de los electrodos F7, FP1, FP2 y F8 en base al sistema internacional 10-20 EEG.

Se registraron los cambios en la hemoglobina oxigenada (HbO_2) y hemoglobina desoxigenada (HbR). Los valores se calcularon en base a los cambios de las dos longitudes de onda emitidas (730 nm y 850 nm). A través de estas dos medidas se obtuvieron los valores de hemoglobina total (HbT) y los cambios en oxigenación (Oxy). Antes del registro se calibró la intensidad de la luminosidad y la amplificación de la señal para intentar obtener valores brutos de entre 400 y 4000 mV.

La señal bruta se filtró utilizando un algoritmo de paso bajo de respuesta finita al impulso de orden 20 con una frecuencia de corte de 0.1 Hz, con el fin de moderar los ruidos de alta frecuencia y los debidos a la respiración y la frecuencia cardíaca (Ayaz et al., 2012). Tras este filtro se aplicó un algoritmo de eliminación de ruido debido al movimiento y señales saturadas (SMAR) (Ayaz et al., 2010). Aquellos canales que presentaron una señal demasiado reducida o una señal saturada fueron descartados tras realizarse una inspección visual de los mismos. Los cambios en HbO_2 y HbR se calcularon con los valores de los 7 segundos posteriores a la presentación de cada estímulo a través de la Ley de Beer-Lambert Modificada, utilizando el segundo anterior a cada estímulo como línea de base.

2.2.2.4. *Análisis estadístico*

Los 16 canales registrados se agruparon en 4 cuadrantes: lateral izquierdo (Q1=canales 1, 2, 3 y 4), central izquierdo (Q2=canales 5, 6, 7 y 8), central derecho (Q3=canales 9, 10, 11 y 12) y lateral derecho (Q4=canales 13, 14, 15 y 16). Cada uno de los cuadrantes se calculó teniendo en cuenta los valores medios de los 4 canales correspondientes. Con el objetivo de reducir la variabilidad de los datos obtenidos, los resultados de cada sujeto se transformaron en notas T (Media = 50; DT = 10). Los resultados de cada uno de los dos grupos se analizaron de forma independiente. Se compararon las activaciones dentro de cada grupo mientras observaban imágenes de valencia emocional positiva o negativa. Debido al poco tamaño de la muestra se utilizó un análisis para pruebas no paramétricas, la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon (de dos colas). Si el valor de Z obtenido es menor que 0.05 se puede considerar que la diferencia entre ambas puntuaciones es estadísticamente significativa.

2.2.3. *Resultados*

La Tabla 14 muestra los resultados normalizados de la prueba de rangos con signo de Wilcoxon de las diferentes variables hemodinámicas en función de la valencia para cada uno de los cuadrantes. Los resultados se presentan en dos grupos diferenciados: Neuroticismo (N=11) y Búsqueda de Sensaciones (N=13). Se encontraron diferencias en el grupo de Neuroticismo, pero no en el grupo de Búsqueda de Sensaciones.

Los resultados estadísticos muestran cómo las participantes del grupo de Neuroticismo presentaron mayores cambios en oxigenación (Oxy) en la corteza prefrontal lateral izquierda ante imágenes desagradables que ante imágenes agradables ($Z = 2.49, p < 0.01$). Resultados similares se encontraron para la hemoglobina oxigenada (HbO₂) ($Z = 2.49, p = 0.01$) y la hemoglobina total (HbT) ($Z = 2.40, p < 0.02$), pero no para la hemoglobina desoxigenada ($Z = 1.07, p > 0.29$).

Tabla 14

Comparación de actividad hemodinámica prefrontal en función de la valencia

Cuadrante	Grupo Neuroticismo (N = 11)											
	HbO ₂		HbR		HbT		Oxy					
	A	D	Z	A	D	Z	A	D	Z			
Lateral Izquierdo	52.32	47.68	2.49**	49.89	50.11	1.07	52.22	47.77	2.40*	52.28	47.72	2.49**
Central Izquierdo	50.83	49.14	1.40	49.97	50.02	0.14	50.96	49.02	1.26	50.19	49.80	1.12
Central Derecho	50.76	49.24	1.48	49.88	50.12	0.06	51.02	48.98	1.24	49.93	50.07	0.77
Lateral Derecho	52.35	47.74	2.29*	49.92	50.08	0.46	51.91	48.09	2.29*	52.15	47.85	2.19*

Cuadrante	Grupo de búsqueda de sensaciones (N = 13)											
	HbO ₂		HbR		HbT		Oxy					
	A	D	Z	A	D	Z	A	D	Z			
Lateral Izquierdo	51.06	48.94	1.57	49.56	50.44	1.50	50.80	49.20	1.36	50.76	49.24	1.71
Central Izquierdo	50.71	49.29	0.06	50.57	49.43	0.77	50.31	49.69	0.65	49.77	50.23	0.89
Central Derecho	49.82	50.17	1.10	49.80	50.20	0.55	49.64	50.38	0.94	49.66	50.35	1.10
Lateral Derecho	50.70	49.30	0.87	49.98	50.02	0.87	50.92	49.08	0.45	50.34	49.66	0.52

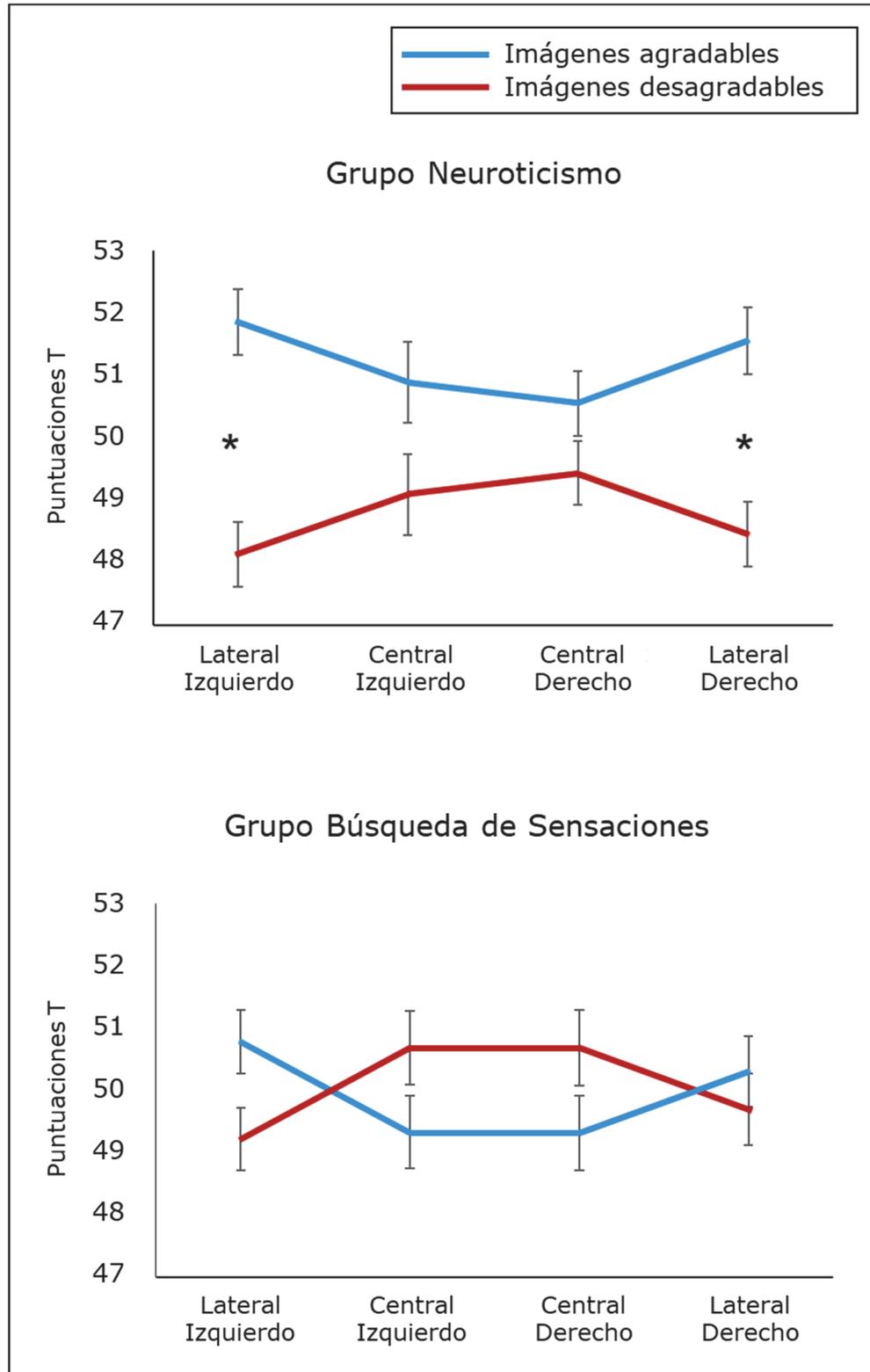
A: Agradable, D: Desagradable; Los resultados significativos se presentan en negrita; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

El grupo de alto Neuroticismo también presentó resultados similares en la corteza prefrontal lateral derecha, aunque menores a nivel estadístico. Las imágenes desagradables también se asociaron a mayor Oxy que las imágenes agradables ($Z = 2.19, p < 0.03$). De forma análoga al hemisferio izquierdo, este efecto también fue significativo en HbO₂ ($Z = 2.29, p < 0.02$) y en HbT ($Z = 2.29, p < 0.02$), pero no en HbR ($Z = 0.46, p > 0.65$).

En la Figura 47 se representan los cambios en oxigenación en función de la valencia para los dos grupos de participantes. Puede observarse como las diferencias estadísticamente significativas aparecen solo en el grupo de Neuroticismo. Las barras negras representan el error estándar de la media en cada uno de los cuadrantes.

Los análisis post-hoc realizados para cada uno de los canales indicaron diferencias significativas en Oxy, principalmente en los canales inferiores de la corteza prefrontal lateral izquierda: canal 2 ($p < 0.01$) y canal 4 ($p < 0.03$). En los canales superiores de dicho cuadrante aparecieron tendencias hacia la significación: canal 1 ($p > 0.05$) y canal 3 ($p > 0.07$). En el lado derecho tan solo aparecieron diferencias significativas en el canal 16 ($p < 0.04$) y una tendencia hacia la significación en el canal 15 ($p > 0.09$).

La Figura 48 es una representación topográfica de las diferencias en Oxy grupo de Neuroticismo teniendo en cuenta los 16 canales. Las activaciones se han superpuesto a una imagen cerebral estándar obtenida del Digital Anatomic Project (University of Washington). Los colores indican las diferencias en Oxy entre las condiciones de imágenes agradables y desagradables en función de sus puntuaciones de Z. El color más rojizo indica mayores valores en Oxy ante estímulos agradables en comparación con los desagradables. Las principales diferencias en activación prefrontal se observan en las zonas laterales, principalmente en las áreas más ventrales. Las diferencias se muestran de forma bilateral, aunque son más significativas en el hemisferio izquierdo.



* $p < 0.05$

Figura 47

Cambios en oxigenación por cuadrante ante estímulos de valencia positiva y negativa

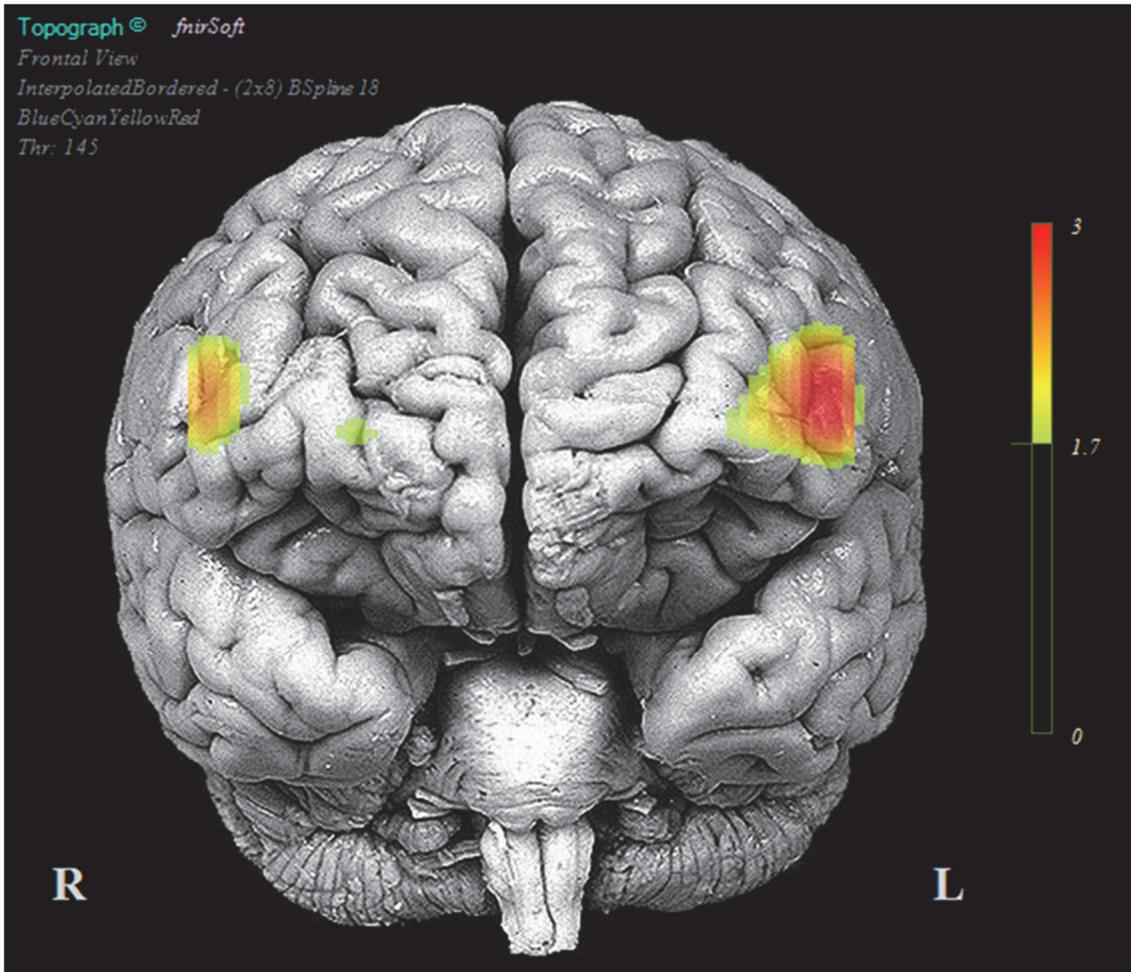


Figura 48

Representación topográfica de las diferencias en valores de oxigenación prefrontal en participantes altos en Neuroticismo

2.2.4. *Discusión*

Esta investigación ha evaluado la actividad prefrontal asociada con la presentación de estímulos de distinta valencia afectiva. Los resultados más relevantes apuntan que las participantes con altas puntuaciones en Neuroticismo y bajas en Búsqueda de Sensaciones mostraban diferencias en función de la valencia de las imágenes. En concreto se detectó mayor actividad hemodinámica ante imágenes agradables que desagradables. La diferencia se detectó en las zonas laterales de la corteza prefrontal, principalmente en el hemisferio izquierdo. No se observó ninguna diferencia

de activación respecto a la valencia del estímulo en el grupo de participantes altos en Búsqueda de Sensaciones y bajos en Neuroticismo.

Los resultados van en concordancia con la hipótesis que relaciona el rasgo de Neuroticismo (o alta Emocionalidad negativa) con patrones de procesamiento de un endofenotipo asociado a trastornos mentales, y más específicamente con los sesgos atencionales relacionados con la generación de problemas afectivos. La presencia de sesgos atencionales relacionados con el procesamiento de estímulos emocionales va en concordancia con los patrones atencionales en personas ansiosas recogidos anteriormente en la literatura (Bar-Haim et al., 2007; Basten et al., 2011; Bishop, 2009).

Dixon et al. (2017) sugieren que la corteza prefrontal lateral podría estar relacionada con el proceso de atender y evaluar las respuestas emocionales generadas por otras estructuras subcorticales. Una actividad prefrontal disminuida podría indicar una regulación emocional desadaptativa, y, por lo tanto, una sobreactivación de la amígdala (Ormel et al., 2013) en presencia de estímulos desagradables (Cremers et al., 2010; Ochsner et al., 2009). De hecho, una sobreexcitación de la amígdala parece relacionarse con la respuesta motivacional del miedo, el asco o la tristeza (Lindquist et al., 2012). Las conexiones entre la amígdala y la corteza prefrontal serían bidireccionales, y en el caso de las zonas laterales, predominantes en las áreas ventrales (Ghashghaei, Hilgetag y Barbas, 2007; Ray y Zald, 2012; Salzman y Fusi, 2010).

Uno de los mecanismos que pueden estar involucrados en la falta de activación prefrontal a los estímulos negativos, y por lo tanto la ausencia de inhibición "arriba-abajo" de la corteza prefrontal a la amígdala, estaría relacionado con el funcionamiento serotoninérgico. De Raedt y Koster (2010) propusieron que una actividad disminuida en las áreas prefrontales, mediada por el metabolismo de la serotonina, que está bajo el control del eje hipotalámico-pituitario-suprarrenal, se asocia con una atenuación dañada de las regiones subcorticales, lo que resulta en una activación prolongada de la amígdala en respuesta a los factores de estrés en el medio ambiente. De

hecho, Battaglia et al. (2012) encontraron que la forma corta del transportador de serotonina, relacionada con los rasgos de ansiedad y depresión, estaba asociada con una mayor respuesta de la amígdala izquierda a la ira.

Aunque los resultados de esta investigación muestren diferencias tanto en las zonas dorsolaterales como ventrolaterales de la corteza prefrontal, el efecto es más potente en estas últimas. La corteza prefrontal dorsolateral se ha relacionado principalmente con procesos de control cognitivo, mientras que las áreas ventrolaterales se asocian a la regulación del afecto negativo (Ahmed et al., 2015; Mitchell, 2011). El sistema ventral incluiría estructuras como la amígdala, la ínsula, el estriado ventral, regiones ventrales del giro cingulado y la corteza prefrontal. Estas estructuras se han relacionado con la identificación del significado emocional y la evocación de los estados afectivos (Philips et al., 2003). Este sistema sería relevante en procesos de regulación emocional, mientras que los sistemas dorsales se implicarían más en funciones ejecutivas.

Los resultados muestran una activación preferencial del hemisferio izquierdo ante los estímulos emocionales. Diversos estudios de neuroimagen han apuntado también diferencias similares, apoyando la idea de la asimetría de la activación cerebral ante estímulos emocionalmente relevantes (Aupperle et al., 2015; Balconi et al., 2015; Balconi y Vanutelli, 2015; Davidson et al., 1990; Dyck et al., 2011; Morinaga et al., 2007; Tuscan et al., 2013). Sin embargo, otros autores han descartado la existencia de tal asimetría, sugiriendo que los diferentes patrones observados se deberían a las respuestas específicas de cada estado emocional (Hoshi et al., 2011).

Las diferencias obtenidas entre ambos hemisferios podrían ser debidas a efectos temporales. Así, Kohno et al. (2015) observaron cómo la discriminación de la valencia negativa producía efectos a los 2.1 segundos en la corteza prefrontal ventrolateral izquierda, 3.6 en la amígdala derecha y 8.1 segundos en la corteza prefrontal ventrolateral derecha. La pronta respuesta en el lado izquierdo podría estar relacionada con el procesamiento semántico,

mientras que la respuesta en el derecho se asociaría con la inhibición de la respuesta (Kohno et al., 2015). La ventana temporal utilizada en esta investigación favorecería ver mayores respuestas en el lado izquierdo de la corteza prefrontal, mientras que los efectos producidos en el hemisferio derecho quedarían parcialmente enmascarados.

El rasgo de ansiedad se ha asociado comúnmente con una actividad deficiente en la corteza prefrontal dorsolateral y ventral cuando la demanda de atención es baja, lo que sugiere un déficit asociado a la vulnerabilidad a la ansiedad (Bishop, 2009; Shiba et al., 2016). Además, la fuerza de las respuestas fásicas de miedo está influenciada por la desregulación. Tanto de la amígdala como de los mecanismos de la corteza prefrontal ventrolateral. Indovina et al. (2011) observaron cómo los sujetos con alto rasgo de ansiedad mostraron una conectividad reducida entre la corteza prefrontal ventrolateral y el hipocampo. La reducción en la conectividad de las estructuras subcorticales, como la amígdala y la corteza cingulada anterior, impiden la extinción a los estímulos ansiógenos (Ormel et al., 2013). Madsen et al. (2016) obtuvieron correlaciones negativas entre el Neuroticismo y la conectividad funcional entre la amígdala y la corteza prefrontal orbitofrontal y ventrolateral izquierda. Los sesgos atencionales ante estímulos afectivos no solo serían resultado de los estados de ansiedad, sino que también jugarían un papel destacado en la vulnerabilidad a estos problemas (Joormann y Quinn, 2014). El Neuroticismo podría estar relacionado con la conectividad amígdala-prefrontal en respuesta a estímulos negativos, y esto lo asociaría con la vulnerabilidad a padecer trastornos afectivos (Cremers et al., 2010).

La corteza prefrontal lateral ventral y dorsal izquierda estaría involucrada en la generación de emociones "arriba-abajo" (Ochsner et al., 2009) y la reevaluación implicaría amplias áreas de la corteza prefrontal, incluyendo dorsolateral y ventrolateral. Ray y Zald (2012) observaron una activación preferencial en el lado izquierdo. Se formuló una hipótesis de control cognitivo e intencional del estado de ánimo por parte de la corteza prefrontal lateral izquierda (Dyck et al., 2011; Miura, Shirasawa y Kanoh, 2016). Un funcionamiento desajustado de tales procesos puede ser

responsable de la vulnerabilidad hacia los trastornos del estado de ánimo (Ma et al., 2017; Masuda et al., 2017; Ormel et al., 2013).

Este estudio presenta algunas limitaciones. En primer lugar, solo se incluyeron mujeres en la muestra. La mayor emotividad de las mujeres con respecto a los hombres puede ser un factor distorsionador de los resultados obtenidos (Bradley, Codispoti, Sabatinelli y Lang, 2001). Hay que tener en cuenta que el estudio se ha realizado con sujetos seleccionados por sus valores extremos en las dimensiones estudiadas y que, por lo tanto, no reflejaban la totalidad de la población. Sin embargo, estos datos deben ser ratificados con un grupo de hombres seleccionados bajo los mismos criterios. En segundo lugar, el tamaño limitado de la muestra podría haber afectado el poder para detectar hallazgos positivos significativos. La selección de grupos caracterizados por presentar valores altos en una de las dimensiones y al mismo tiempo valores bajos en la otra limita la búsqueda de participantes que cumplen con estos criterios.

Sin embargo, cabe destacar distintos puntos fuertes del estudio. Desde una concepción dimensional, el uso de participantes con características extremas en rasgos de Neuroticismo o Búsqueda de Sensaciones, relacionados con las conductas de internalización y externalización, permitió analizar la función prefrontal en respuesta a estímulos sin la presencia de efectos de enmascaramiento de la sintomatología de los trastornos mentales. Este enfoque es especialmente interesante para el Neuroticismo, que confiere un mayor riesgo de aparición de internalización o, si se presenta junto con Desinhibición, externalización de trastornos y puede ser responsable de los procesos involucrados en la comorbilidad en los trastornos mentales.

En resumen, estos resultados indican un mecanismo diferencial de regulación de la emoción en sujetos con alto Neuroticismo según la valencia de estímulo. En estos sujetos, los estímulos desagradables se asociaron a niveles de oxigenación más bajos que los estímulos agradables en la corteza prefrontal lateral, principalmente en el lado izquierdo. Las diferencias encontradas podrían indicar un sesgo de atención para los estímulos

negativos que implicaría una desactivación de la corteza prefrontal lateral y una activación de estructuras subcorticales como la amígdala. Sin embargo, los sujetos altos en Búsqueda de Sensaciones no presentaron diferencias en la activación prefrontal lateral después de ver imágenes agradables o desagradables. Esto les permitiría ajustar las estructuras subcorticales y regular la respuesta emocional. Por lo tanto, estos datos sugieren que la dimensión de Emocionalidad negativa estaría relacionada con la vulnerabilidad a los trastornos mentales y contribuiría a su comorbilidad, mientras que las diferencias en la Desinhibición serían responsables de las diferencias fenotípicas entre los trastornos de internalización y externalización.

2.3. Estudio 3: Actividad prefrontal y procesamiento de caras afectivas en función del Neuroticismo

2.3.1. *Introducción*

La capacidad de percibir y procesar estados emocionales a través de las expresiones faciales es un elemento esencial a la hora de establecer relaciones sociales satisfactorias. El reconocimiento de las emociones faciales puede verse afectado por multitud de factores psicológicos, como un procesamiento cognitivo alterado (Carballedo et al. 2011; Gentili et al. 2008; Demenescu, Kortekaas, den Boer y Aleman 2010), síndromes neurológicos (Argaud, Vérin, Sauleau y Grandjean, 2018), envejecimiento (Ruffman, Henry, Livingstone y Phillips, 2008), trastornos afectivos (Demirel et al., 2014; Kohler, Hoffman, Eastman, Healey y Moberg, 2011) o los rasgos de personalidad (Haas, Constable y Canli, 2008).

Atendiendo a los resultados obtenidos con anterioridad, el rasgo de personalidad que mayor relación presenta con el procesamiento de estímulos afectivos es el Neuroticismo (Balada et al., 2019; Cremers et al., 2010). El Neuroticismo es una dimensión de personalidad presente en muchos de los principales modelos de personalidad, tanto de origen taxonómico (Big Five) como de los modelos biológico-factoriales (Modelo PEN de Eysenck o Cinco factores alternativos de Zuckerman). Una explicación más amplia sobre cada uno de estos modelos se recoge en el apartado 1.2 de esta tesis. Cada autor define el Neuroticismo de una forma sensiblemente distinta, pero todos ellos lo relacionan de manera directa con los procesos emocionales y la estabilidad afectiva. En general, el Neuroticismo es caracterizado por una alta emocionalidad, una vulnerabilidad al estrés, la tendencia a experimentar emociones negativas y una predisposición hacia los trastornos de ansiedad y la depresión (Eysenck, 1991). La propuesta de los Cinco factores alternativos de Zuckerman divide el Neuroticismo en cuatro subfacetas: Ansiedad, Depresión, Dependencia y Baja autoestima (Aluja et al., 2010). La gente con altas puntuaciones en Neuroticismo presentarán problemas a la hora de regular estados emocionales negativos (John y Gross, 2007).

Las personas con altas puntuaciones en Neuroticismo comúnmente presentan menor uso de estrategias de reevaluación cognitiva para regular los estados emocionales (Gross y John, 2003). El uso de estrategias de reevaluación emocional se relaciona con un mejor estado emocional en general y un mejor funcionamiento social que otras estrategias de regulación como la supresión de los comportamientos asociados a la emoción (John y Gross, 2004). La desregulación afectiva es uno de los principales factores relacionados con la tendencia a padecer desórdenes afectivos graves como el trastorno depresivo mayor (Ochsner y Gross, 2008).

El Neuroticismo es un rasgo de personalidad ligado a la reactividad emocional y, principalmente, a la evaluación cognitiva de los estímulos emocionales negativos (Suls y Martin, 2005). Existen múltiples evidencias de la relación del Neuroticismo con la experiencia emocional, relacionando este factor de personalidad con patrones cerebrales característicos ante estímulos emocionales negativos (Canli et al., 2001; Canli, 2004; Hamann y Canli, 2004; Hu et al., 2017; Kesler-West et al., 2001). Estos patrones diferenciales se observan tanto en estructuras límbicas subcorticales como en áreas relacionadas con procesos cognitivos superiores, como la corteza prefrontal.

La presencia de estímulos amenazantes induce la activación de sistemas subcorticales, principalmente del sistema límbico. En concreto, estructuras como la amígdala permiten establecer una rápida identificación del estímulo (Carlson, Reinke y Habib, 2009; Phan, Wager, Taylor y Liberzon, 2002; Vuilleumier 2005). Por su parte, la corteza prefrontal se asocia a los procesos arriba-abajo que requieren de una elaboración cognitiva más compleja, como la interpretación o el control consciente de las respuestas emocionales (Ochsner et al., 2009). El Neuroticismo se ha relacionado con patrones característicos de activación prefrontal durante el procesamiento de estímulos afectivos (Balada et al., 2019; Harenski Kim y Hamann, 2009; Kehoe, Toomey, Balsters y Bokde, 2011; Servaas et al., 2013).

Las estructuras prefrontales pueden ejercer un control arriba-abajo de las reacciones emocionales mediante una categorización de las funciones

emocionales (Meaux y Vuilleumier, 2016). Estas áreas prefrontales responden de forma diferente en función de la emoción. Así, la activación de las zonas ventromediales ayudaría a diferenciar entre estímulos con carga emocional y estímulos neutros, mientras que las zonas ventrolaterales, especialmente en el hemisferio izquierdo, discriminarían entre distintas emociones específicas (Tsuchida y Fellows 2012; Vuilleumier y Pourtois 2007). Tales evidencias podrían mostrar una preferencia en la discriminación del arousal por parte de las zonas ventromediales y de la valencia en el caso de las estructuras ventrolaterales. Teniendo en cuenta los resultados de las investigaciones previas, este efecto sería más visible en el hemisferio izquierdo. La corteza prefrontal presenta múltiples conexiones con zonas subcorticales. Un meta-análisis sobre el procesamiento de expresiones faciales encontró un efecto de lateralización en la amígdala izquierda durante el procesamiento de expresiones negativas (Fusar-Poli et al., 2009).

Las personas con alto Neuroticismo muestran una conectividad funcional reducida entre la amígdala y la corteza prefrontal orbitofrontal y ventrolateral izquierda (Madsen et al., 2016), y tienen un menor control sobre la amígdala en respuesta a estímulos negativos, que pueden estar asociados con la vulnerabilidad a los trastornos afectivos (Cremers et al., 2010). Patrones de funcionalidad en la corteza prefrontal cuando se regula el afecto negativo correlacionan con los cambios en la sintomatología depresiva según la gravedad de la depresión (Heller et al., 2013). La corteza prefrontal y la amígdala son dos estructuras claves en la regulación de la emoción, y la desregulación afectiva es uno de los componentes principales de la fisiopatología del trastorno depresivo mayor (Ochsner y Gross, 2008). Otro de los trastornos ampliamente relacionados con una modulación emocional afectada es la ansiedad. La ansiedad también se ha asociado a un control arriba-abajo reducido durante la visualización de estímulos faciales emocionales, con una activación deficiente de la corteza cingulada anterior rostral y la corteza prefrontal lateral (Bishop, Duncan, Brett y Lawrence, 2004). Problemas en el funcionamiento de la corteza prefrontal ventrolateral podrían estar relacionados también con las diferencias entre una ansiedad social normal o patológica (Yokoyama et al., 2015). Además, los hallazgos de

Liu et al. (2014) sugieren que la gravedad de la ansiedad también estaría asociada con las activaciones en la corteza prefrontal lateral derecha, mientras que la gravedad de la depresión estaría relacionada con la corteza prefrontal bilateral y la corteza prefrontal antero-medial.

Stuhrmann, Suslow y Dannlowski (2011) recogen varios estudios de neuroimagen sobre el procesamiento de emociones faciales asociado a trastornos afectivos. Se describen patrones de activación similares en zonas de la red de procesamiento facial, principalmente en áreas del sistema límbico. Las estructuras del sistema límbico muestran un aumento de activación en respuesta a las emociones faciales negativas y una menor activación ante los estímulos positivos. Sin embargo, no siempre se observa el mismo patrón en las áreas prefrontales. Los autores sugieren que esta varianza en las estructuras prefrontales podría explicarse por las diferentes características metodológicas de cada estudio. Todos estos hallazgos resaltan la importancia de estudiar las áreas prefrontales para adquirir una mejor comprensión de estos procesos. Para este propósito, la espectroscopia funcional de infrarrojo cercano (fNIRS) es una técnica de imagen óptica no invasiva adecuada para medir la activación de la corteza prefrontal ante la presentación de estímulos emocionales relevantes (Kim, Seo, Jeon, Lee y Lee, 2017).

Las expresiones faciales son estímulos adecuados para evocar distintas respuestas emocionales. Existen diferentes sets de caras emocionales validadas para su uso en investigación. Las expresiones faciales emocionales permiten modificar la emoción expresada por una imagen (caras de alegría, tristeza, ira, asco, sorpresa...) sin cambiar sustancialmente las características físicas del estímulo. Esto hace que sean unos estímulos adecuados para su uso en un contexto experimental. Los modelos sobre procesamiento de caras destacan la importancia de los sistemas visuales, límbicos y prefrontales, así como las interconexiones que presentan a la hora de procesar esta clase de estímulos (Haxby y Gobbini, 2010). Por lo tanto, las características de las expresiones faciales emocionales serán unos estímulos adecuados para provocar una actividad cerebral característica.

Los objetivos específicos de esta investigación son dos. Por una parte, analizar la activación de la corteza prefrontal ante la presentación de caras emocionales (enfadadas, neutras y alegres), teniendo en cuenta la valencia de los rostros presentados y la evolución de la respuesta a lo largo del bloque. Y, por otro lado, analizar estas respuestas en función del rasgo de Neuroticismo y sus facetas. Se analizarán las respuestas específicas de aquellas personas que presenten puntuaciones altas en este rasgo, así como las correlaciones de este rasgo con las activaciones a nivel prefrontal.

En función de los resultados revisados, se hipotetiza que existirá una mayor respuesta en aquellas caras que presenten emociones faciales negativas, como las caras enfadadas (Fusar-Poli et al. 2009). El efecto debería ser mayor en el hemisferio izquierdo que en el derecho (Rodrigo et al., 2016; Tsuchida y Fellows 2012; Vuilleumier y Pourtois, 2007). Teniendo en cuenta los resultados del Estudio 2 presentado en esta tesis, las puntuaciones altas en Neuroticismo estarán relacionadas con una alteración de la actividad prefrontal en función de la valencia de los estímulos.

2.3.2. *Método*

2.3.2.1. *Participantes*

Un total de 52 mujeres participaron en este estudio. La edad media de las participantes fue de 20.65 años (DT = 2.67). Ninguna de ellas reportó patologías físicas o psicológicas en el momento de la prueba. La muestra total de participantes se subdividió en dos grupos de acuerdo a sus puntuaciones en el rasgo de Neuroticismo. Por un lado, aquellas participantes que mostraron puntuaciones menores al percentil 75 de Neuroticismo en la muestra (grupo medio-bajo, n = 39). Y por otra parte aquellas participantes que obtuvieron puntuaciones superiores al percentil 75 de Neuroticismo (grupo alto, n = 13). Todas las participantes fueron debidamente informadas antes de la prueba y todas ellas firmaron un consentimiento informado para

participar en el estudio (Ver Anexos III y IV). El procedimiento contó con la aprobación del comité de ética de la institución (Ver Anexo II).

2.3.2.2. *Materiales*

2.3.2.2.1. *Escala de Neuroticismo del ZKA-PQ*

Para evaluar el nivel en la dimensión de Neuroticismo se utilizó la escala de Neuroticismo del Zuckerman-Kuhlman-Aluja Personality Questionnaire (Aluja et al., 2010). La versión total del instrumento cuenta con 200 ítems divididos en cinco factores (Neuroticismo, Búsqueda de Sensaciones, Extraversión, Agresividad y Actividad), con 40 ítems para cada dimensión. Cada una de ellas se subdivide en cuatro facetas de diez ítems. Para esta investigación solo se utilizaron los 40 ítems correspondientes a la escala de Neuroticismo. Las facetas que forman esta dimensión son la Ansiedad, la Depresión, la Dependencia y la Baja autoestima. Respecto a su consistencia interna, el test ha mostrado alphas de entre 0.70 y 0.81 en estas cuatro facetas en una muestra española. La escala de Neuroticismo del ZKA-PQ correlacionó positivamente ($r = 0.71$) con la escala de Neuroticismo del NEO-PI-R (Aluja et al., 2010).

2.3.2.2.2. *Caras emocionales*

Un total de 36 fotografías de expresiones emocionales fueron seleccionadas de dos repositorios de imágenes previamente validadas: NimSitm (Tottenham et al., 2009) y Radboud (Langner et al., 2010). Se seleccionaron fotografías de 12 personas diferentes (6 hombres y 6 mujeres). De cada persona se seleccionaron tres fotografías, una mostrando una emoción negativa (enfado), una emoción positiva (alegría) y una expresión neutra. Cada una de las fotografías se recortó en forma de óvalo para mostrar solo la cara de las personas. El fondo de la imagen era negro y el tamaño de las fotografías se ajustó para que se asemejaran a una cara real.

2.3.2.2.3. *Evaluación de la actividad prefrontal mediante espectroscopia funcional de infrarrojo cercano (fNIRS)*

Para el registro de las señales prefrontales se utilizó un módulo fNIR 1100 (Biopac Systems Inc.) (Ver Anexo VIII). Conectado al módulo de registro, se utilizó un sensor de espectroscopia con cuatro emisores de pulsos de onda de infrarrojo cercano y diez fotodetectores, para un total de 16 canales de registro que cubrían toda el área prefrontal de la participante. Las longitudes de onda de los pulsos de luz fueron de 730 y 850 nm para registrar los cambios en la hemoglobina desoxigenada y oxigenada respectivamente.

El sensor se colocó centrado, sobre la línea de las cejas, alineado con la posición de los electrodos F7, FP1, FP2 y F8 tomando como referencia el sistema internacional 10-20 EEG. La actividad cerebral registrada correspondía a las áreas de Brodmann 9, 10, 44, 45, 46 y 47. Previo al registro de cada participante se calibró la intensidad y la amplificación para optimizar la señal registrada. El software utilizado para el registro de espectroscopia fue el COBI Studio (Ayaz et al., 2011) (Ver Anexo IX). Durante la presentación de cada bloque se registró la actividad cerebral correspondiente a los cambios en hemoglobina oxigenada (HbO₂) y desoxigenada (HbR).

2.3.2.2.4. *Medidas subjetivas*

Con la finalidad de evaluar de forma subjetiva el nivel de valencia y arousal, se pidió que evaluaran, a través de un diferencial semántico, las sensaciones percibidas en cada bloque de imágenes. El diferencial semántico es una medida clásica que ha mostrado validez experimental a la hora de evaluar las medidas subjetivas (Mehrabian y Russell, 1974), y muestra una gran correlación con otras medidas ampliamente utilizadas en el estudio de las emociones como el Self Assessment Manikin (Bradley y Lang, 1994). Los elementos de diferencial semántico utilizados para evaluar los dos factores fueron los siguientes pares de palabras: ALEGRE-TRISTE y ENFADADA-

CONTENTA (para la valencia), y EXALTADA-CALMADA e INDIFERENTE-IMPRESIONADA (para el arousal) (Figura 49).

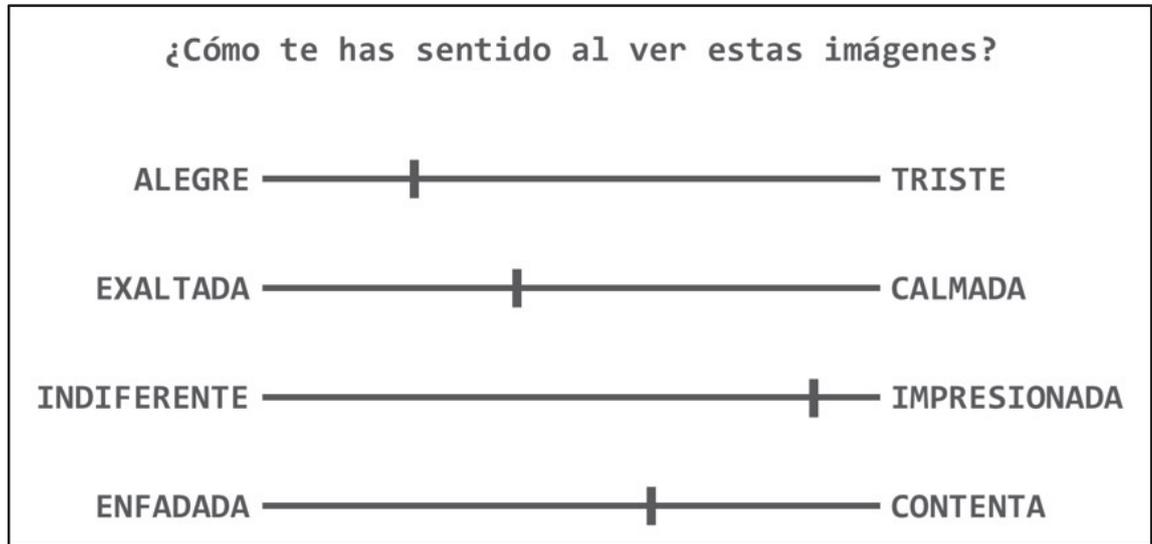


Figura 49

Diferencial semántico utilizado en el estudio

Para obtener los valores subjetivos de Valencia se calculó la media de los valores directos de la escala ENFADADA-CONTENTA y los valores invertidos de la escala ALEGRE-TRISTE, siendo 90 el valor de Valencia más positivo y 10 el valor de Valencia más negativo. La escala de Arousal de obtuvo a través de la media de los valores directos de la escala INDIFERENTE-IMPRESIONADA y los valores invertidos de la escala EXALTADA-CALMADA, siendo 90 el valor máximo de activación y 10 el valor de menor activación.

2.3.2.3. Procedimiento

El procedimiento experimental se llevó a cabo en una Jaula de Faraday aislada acústica y electromagnéticamente (Ver Anexo VII). La sala se iluminó con una luz tenue. La participante se situaba en una silla cómoda, de frente a la pantalla de 32'. La distancia entre la pantalla y la cara de la participante

era de 100 cm. Las instrucciones consistían en mirar los estímulos que fueran apareciendo en la pantalla durante todo el tiempo que apareciera la imagen.

El diseño siguió una distribución por bloques. Presentaron un total de seis bloques de caras emocionales. Cada bloque incluía seis caras (tres hombres y tres mujeres, aleatorizados). Cada una de las caras se presentaba durante 6 segundos, con un intervalo entre caras variable de entre 0,5 a 1 segundo, en el que se mostraba la pantalla en negro. La duración total de cada bloque era de 40,5 segundos (Figura 50).

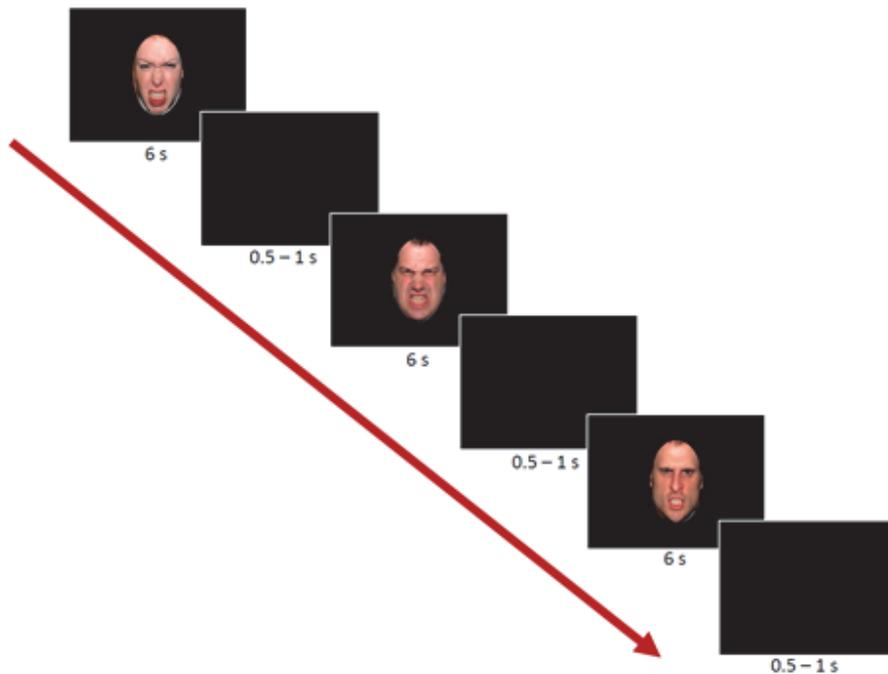


Figura 50

Secuencia de presentación de las expresiones emocionales

Al final de cada bloque las participantes debían evaluar, mediante un diferencial semántico, como se habían sentido durante la presentación del bloque. Los cuatro pares de palabras utilizados para el diferencial semántico se presentaban en una misma pantalla, separados por una línea horizontal con un marcador. Las participantes debían mover el marcador a la posición que mejor expresara su sensación subjetiva. Los valores de las escalas subjetivas presentaban un rango de entre 10 y 90. Las participantes no veían

los valores que correspondían a cada posición del marcador, por lo que tenían que situarlo de manera visual, como en las Escalas Visuales Analógicas (Haley Womack, Harmon y Williams, 2015).

2.3.2.4. *Procesamiento de la señal fNIRS*

La señal de espectroscopia funcional de infrarrojo cercano se analizó utilizando el software fNIRSoft (Ayaz et al., 2018) (Ver Anexo IX). Los cambios de luminosidad registrados se filtraron mediante un algoritmo de paso bajo de respuesta finita al impulso de orden 20 con una frecuencia de corte de 0.1 Hz. Con este filtrado se reducen los ruidos asociados a la respiración y a la actividad cardíaca (Ayaz et al., 2012). Seguidamente se aplicó otro algoritmo para minimizar el ruido debido a los movimientos y evitar señales muy débiles o saturadas (Sliding-window Motion Artifact Rejection, SMAR) (Ayaz et al., 2010). Tras ello se realizó una inspección visual de los registros para eliminar aquellos canales que mostraran valores brutos de luminosidad muy bajos (< 400 mV) o demasiado altos (> 4000 mV). Los cambios en HbO₂ y HbR se calcularon con los valores de los 40.5 segundos posteriores al inicio de cada bloque a través de la Ley de Beer-Lambert Modificada, utilizando los 10 segundos anteriores a cada bloque como línea de base. A través de estas dos medidas directas, se calcularon los cambios en oxigenación ($Oxy = HbO_2 - HbR$) y la hemoglobina total ($HbT = HbO_2 + HbR$)

2.3.2.5. *Análisis estadísticos*

Las medidas obtenidas mediante los 16 canales del sistema de espectroscopia se agruparon en cuatro cuadrantes: lateral izquierdo (Q1=canales 1, 2, 3 y 4), central izquierdo (Q2=canales 5, 6, 7 y 8), central derecho (Q3=canales 9, 10, 11 y 12) y lateral derecho (Q4=canales 13, 14, 15 y 16). Los valores de cada uno de los cuadrantes se obtuvieron calculando la media de los cuatro canales que los componen.

Para evaluar los cambios hemodinámicos asociados a la actividad cortical correspondiente a cada situación se utilizó un análisis de varianza (ANOVA). Se utilizó una corrección de Greenhouse-Heiser para posibles violaciones de la esfericidad. La magnitud de los efectos se evaluó mediante el estadístico η_p^2 , que representa la variabilidad total atribuible a un factor, controlando el posible efecto de otros. Los valores de $\eta_p^2 < 0.05$ son normalmente considerados pequeños, $0.05 \leq \eta_p^2 < 0.15$ como medianos y $\eta_p^2 > 0.15$ como grandes (Cohen, 1988).

Uno de los factores incluidos en el análisis es la valencia afectiva del bloque de expresiones faciales. Este factor presenta tres niveles: caras enfadadas, caras neutras y caras alegres. Con la finalidad de analizar los cambios en la actividad hemodinámica a lo largo del tiempo se establecieron cuatro segmentos temporales (1-10, 11-20, 21-30 y 31-40 segundos). El valor de cada uno de estos segmentos era la media de todos los valores incluidos en cada uno de ellos. Con estos dos factores, se realizó una prueba ANOVA de medidas repetidas con dos factores intragrupo (El tiempo y la valencia).

Para analizar la relación entre el factor de Neuroticismo y los cambios en actividad prefrontal se realizó un análisis de correlación de Pearson entre los cambios en oxigenación prefrontal ventrolateral bilateral y dicho factor de personalidad.

De acuerdo a las puntuaciones obtenidas en la escala de Neuroticismo, las participantes se asignaron a uno de los dos grupos (< percentil 75 y > percentil 75). Los cambios en oxigenación de los canales correspondiente a las áreas de la corteza prefrontal ventrolateral bilateral (Canales 2 y 4, y canales 14 y 16) se analizaron mediante una prueba ANOVA de medidas repetidas con un factor entre grupos (el grupo asignado) y dos factores intragrupo (el tiempo y la valencia).

Las evaluaciones subjetivas de los estímulos se analizaron de acuerdo a dos factores: Valencia y Arousal. Se realizó un análisis de la varianza para

cada uno de estos factores, comparando entre las distintas categorías en caso de observar un efecto significativo de la variable. Se utilizó una corrección de Greenhouse-Heiser para posibles violaciones de la esfericidad. La magnitud de los efectos se evaluó mediante el estadístico η_p^2 .

2.3.3. Resultados

2.3.3.1. Actividad prefrontal

2.3.3.1.1. Efectos de la valencia, el tiempo y su interacción

En la Tabla 15 se recogen los valores de F y las diferencias significativas de las cuatro variables hemodinámicas (HbO₂, HbR, Oxy y HbT) en cada uno de los cuatro cuadrantes de la corteza prefrontal en función de las variables de Valencia, Tiempo y su interacción. La prueba ANOVA de medidas repetidas de dos factores (Valencia y Tiempo) para las activaciones hemodinámicas indicó un efecto significativo de la interacción de estas dos variables en el cuadrante correspondiente a la corteza prefrontal lateral izquierda en HbO₂ $F(3.67, 189.97) = 3.67, p < 0.008, \eta_p^2 = 0.07$; en HbT, $F(3.65, 185.98) = 2.64, p < 0.04, \eta_p^2 = 0.05$; y en Oxy, $F(3.87, 197.252) = 2.94, p < 0.023, \eta_p^2 = 0.05$. No se observaron efectos significativos de ninguna de las variables en HbR en ninguno de los cuadrantes (todas las $p > 0.05$).

Tabla 15

Análisis de varianza de la oxigenación de los canales dorsolaterales y ventrolaterales en función de la valencia y el tiempo

	HbO ₂			HbR			HbT			Oxy		
	Valence	Time	VxT	Valence	Time	VxT	Valence	Time	VxT	Valence	Time	VxT
Q1	1.31	7.07***	3.67**	1.62	1.65	0.86	0.28	3.46*	2.64*	2.91&	7.01***	2.94*
Q2	0.47	0.03	0.40	0.54	1.42	1.58	0.82	0.42	1.32	0.03	0.18	0.09
Q3	0.44	1.04	0.22	0.22	1.89	1.55	0.59	2.06	0.95	0.11	0.20	0.23
Q4	1.04	5.87**	1.94	1.55	1.59	0.15	0.36	2.14	1.37	2.47&	7.25***	1.68

Q1: Lateral Izquierdo; Q2: Central Izquierdo; Q3: Central Derecho; Q4: Lateral Derecho; HbO₂; & $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

La Figura 51 muestra la evolución de los valores de Oxy en cada canal a lo largo del tiempo para cada una de las valencias. El gráfico se construyó utilizando el software fNIRSoft (Ayaz et al., 2018) (Ver Anexo IX). Las líneas rojas corresponden a las medias durante la presentación de caras de enfado, las líneas naranjas representan la activación ante caras con expresiones neutras y las líneas azules corresponden a la media durante el visionado de caras de alegría. Las zonas sombreadas de cada una de las categorías corresponden a un Intervalo de Confianza del 95%. El efecto diferencial se observa principalmente en los canales correspondientes a las zonas ventrales de la corteza prefrontal.

Un análisis independiente para los cambios en oxigenación en los canales ventrales y dorsales de las áreas laterales de la corteza mostró un efecto significativo en las áreas ventrales, de nuevo principalmente en el hemisferio izquierdo. El análisis de varianza de medidas repetidas para los factores de Valencia y Tiempo revelaron un efecto significativo de la interacción en la corteza prefrontal ventrolateral izquierda $F(3.8, 193.82) = 4.72, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.09$. La misma área en el hemisferio derecho mostró una tendencia hacia la significación en dicha interacción, $F(2.98, 148.86) = 2.37, p < 0.08, \eta_p^2 = 0.05$. Los análisis post-hoc mostraron diferencias significativas en los cambios en oxigenación correspondientes a la visión de caras enfadadas en comparación con las alegres en la corteza prefrontal ventrolateral izquierda $F(1, 51) = 9.91, p < 0.003, \eta_p^2 = 0.16$; y derecha $F(1, 50) = 4.15, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.07$ (Tabla 16).

Tabla 16

Análisis de varianza de la oxigenación de los canales dorsolaterales y ventrolaterales en función de la valencia y el tiempo

	Lateral Izquierdo			Lateral Derecho		
	Valencia	Tiempo	VxT	Valencia	Tiempo	VxT
Dorsal	1.02	2.53^{&}	1.55	0.69	1.99	0.54
Ventral	5.28^{**}	9.97^{***}	4.72^{***}	2.78^{&}	11.29^{***}	2.37^{&}

^{**} $p < 0.01$; ^{***} $p < 0.001$; [&] $p < 0.1$

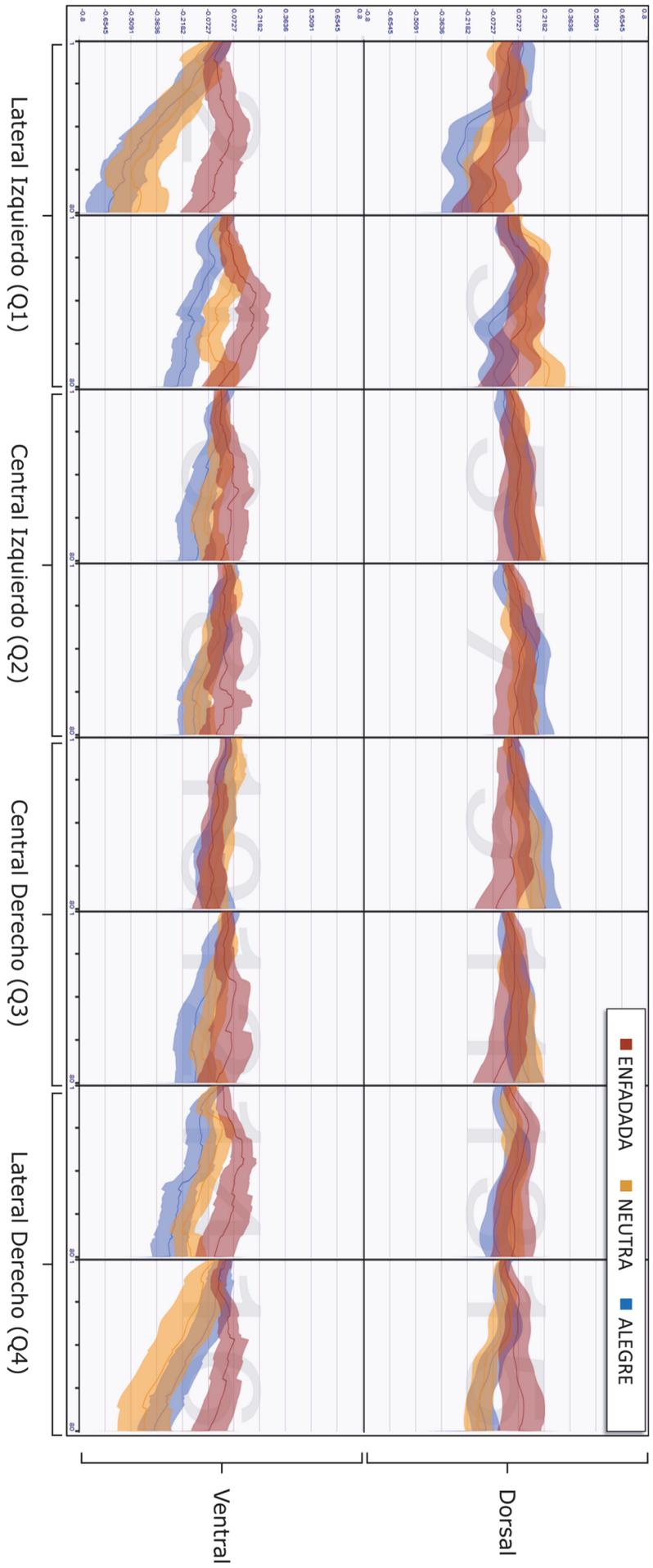


Figura 51

Cambios en oxigenación por canal para cada valencia a lo largo del tiempo

En la Figura 52 se puede observar la representación topográfica de las diferencias obtenidas de las activaciones ante caras enfadadas vs caras sonrientes realizado mediante el software fNIRSoft (Ayaz et al., 2018) (Ver Anexo IX). La imagen cerebral corresponde al Brain Surface Image del Digital Anatomic Project (Universidad de Washington). Las imágenes muestran las diferencias (Caras enfadadas > Caras alegres) a lo largo de cada uno de los segmentos temporales en los que se divide el bloque (1-10, 11-20, 21-30 y 31-40 segundos). El color más rojizo indica mayores diferencias en Oxy, indicando una mayor activación ante caras enfadadas que ante caras alegres.

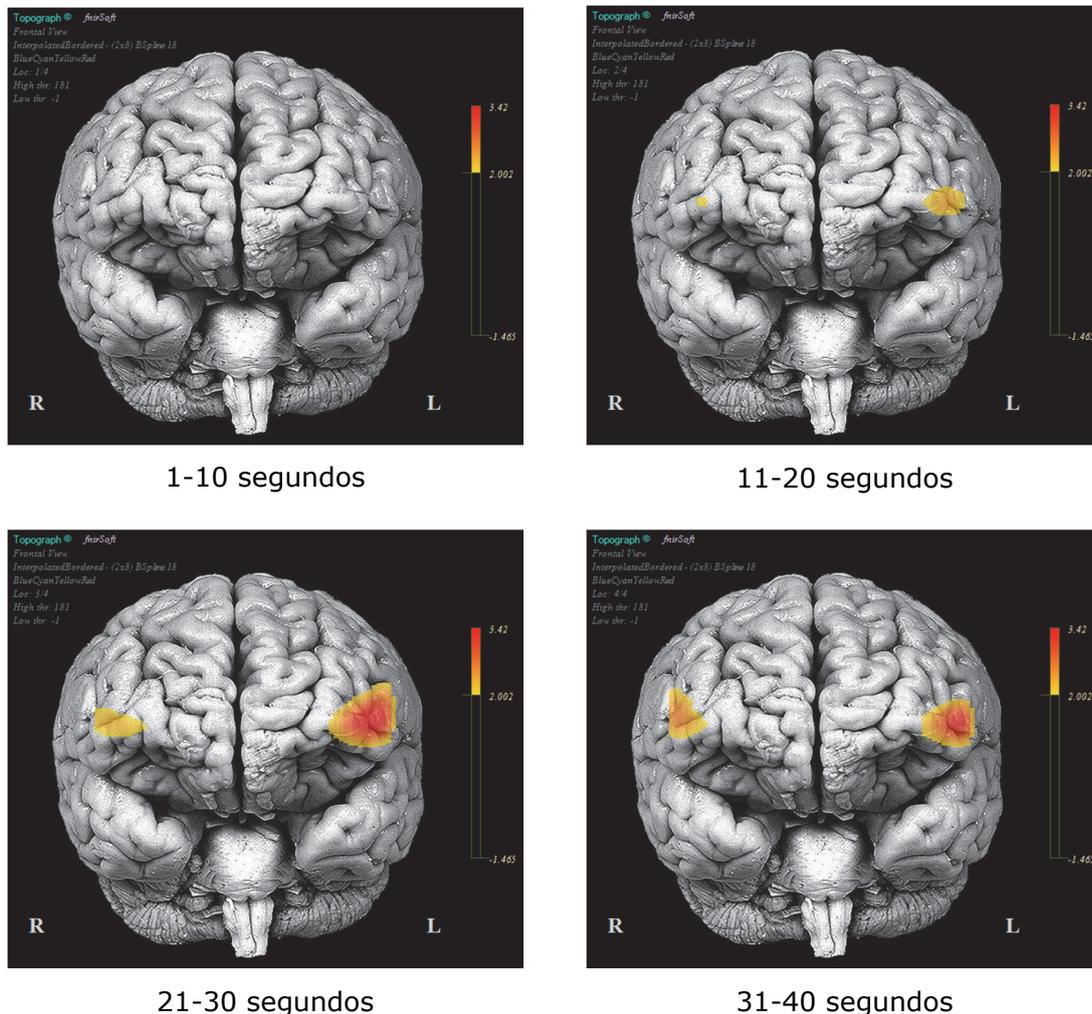


Figura 51

Representación topográfica de las diferencias en oxigenación ante la presentación de caras enfadadas vs caras alegres

No se observan diferencias significativas entre las activaciones correspondientes a estas dos valencias en durante los primeros 10 segundos. A partir del segundo bloque temporal se empiezan a observar las primeras diferencias en las áreas ventrolaterales izquierdas. Este efecto se incrementa durante los dos siguientes bloques temporales, apareciendo también diferencias, aunque menores, en la corteza prefrontal ventrolateral derecha.

2.3.3.1.2. *Relación entre Neuroticismo y actividad en la corteza prefrontal ventrolateral ante caras emocionales*

En la Tabla 17 se exponen los valores de correlación de Pearson entre los cambios en oxigenación y el factor Neuroticismo y sus sub-facetas en la corteza prefrontal ventrolateral izquierda y derecha. En el hemisferio izquierdo se observan correlaciones positivas significativas entre las puntuaciones en Neuroticismo y los cambios en oxigenación prefrontal ante caras alegres en los cuatro rangos temporales (Todas las r entre 0.28 y 0.35). Las correlaciones específicas para cada faceta mostraron una relación positiva entre los cambios en oxigenación y las facetas Depresión (Todas las r entre 0.28 y 0.38) y Baja Autoestima (Todas las r entre 0.34 y 0.37) en todos los momentos temporales. La faceta Ansiedad también mostró correlaciones positivas con los cambios en oxigenación en los dos momentos temporales centrales (r entre 0.28 y 0.30). No se observaron correlaciones con la faceta de Dependencia. No se observaron correlaciones entre la oxigenación ante estímulos positivos y la actividad en las zonas analizadas del hemisferio derecho.

En el hemisferio izquierdo, la oxigenación ante la presentación de caras neutras también mostró relaciones positivas con el factor Neuroticismo (r entre 0.29 y 0.30) en los tres primeros momentos temporales y una tendencia en el último momento temporal ($r = 0.25, p < 0.07$). Las facetas de Ansiedad y Depresión fueron las que mostraron mayores correlaciones positivas con la oxigenación ante estos estímulos (Todas las r entre 0.34 y 0.40). Con respecto al hemisferio derecho, las caras neutras sí mostraron correlaciones positivas entre la oxigenación en los tres primeros momentos temporales y

el Neuroticismo (r entre 0.33 y 0.38). Las facetas de Ansiedad y Depresión también mostraron correlaciones positivas con la oxigenación ante caras neutras en los tres primeros momentos temporales (r entre 0.34 y 0.40). La oxigenación prefrontal ante caras desagradables no mostró ninguna correlación significativa con las puntuaciones obtenidas en el factor Neuroticismo ni en ninguna de sus facetas.

Tabla 17

Correlaciones de Pearson entre los cambios en oxigenación para las tres valencias emocionales, en cada momento temporal y el factor Neuroticismo y sus facetas

	Corteza Prefrontal Ventrolateral Izquierda					Corteza Prefrontal Ventrolateral Derecha					
	NE1	NE2	NE3	NE4	N	NE1	NE2	NE3	NE4	N	
Enfadadas	0-10 s	0.22	0.24	0.22	-0.02	0.19	0.08	0.14	0.16	-0.01	0.10
	11-20 s	-0.09	-0.03	-0.04	-0.02	-0.05	-0.01	-0.02	0.02	-0.11	-0.04
	21-30 s	-0.14	-0.12	-0.05	-0.07	-0.11	-0.08	-0.06	-0.07	-0.12	-0.10
	31-40 s	-0.04	-0.03	0.05	-0.11	-0.04	-0.03	0.00	-0.03	-0.06	-0.04
Neutras	0-10 s	0.34*	0.38**	0.18	0.10	0.29*	0.40**	0.40**	0.22	0.26	0.38**
	11-20 s	0.33*	0.32*	0.18	0.18	0.30*	0.38**	0.35*	0.23	0.28*	0.37**
	21-30 s	0.35*	0.31*	0.14	0.17	0.29*	0.36**	0.34*	0.20	0.22	0.33*
	31-40 s	0.31*	0.30*	0.15	0.10	0.25	0.26	0.25	0.12	0.12	0.22
Alegres	0-10 s	0.26	0.28*	0.05	0.34*	0.28*	0.15	0.17	0.05	0.24	0.19
	11-20 s	0.28*	0.34*	0.16	0.34*	0.34*	0.14	0.18	0.07	0.22	0.18
	21-30 s	0.30*	0.38**	0.13	0.37**	0.35*	0.19	0.25	0.07	0.26	0.23
	31-40 s	0.22	0.30*	0.11	0.36**	0.30*	0.16	0.24	0.07	0.21	0.20

NE1: Ansiedad; NE2: Depresión; NE3: Dependencia; NE4: Baja Autoestima; N: Neuroticismo.

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Para analizar las diferencias en oxigenación prefrontal en función del grupo de Neuroticismo se realizó un análisis de varianza de medidas repetidas, con el tiempo y la Valencia como factores intrasujetos, y el grupo

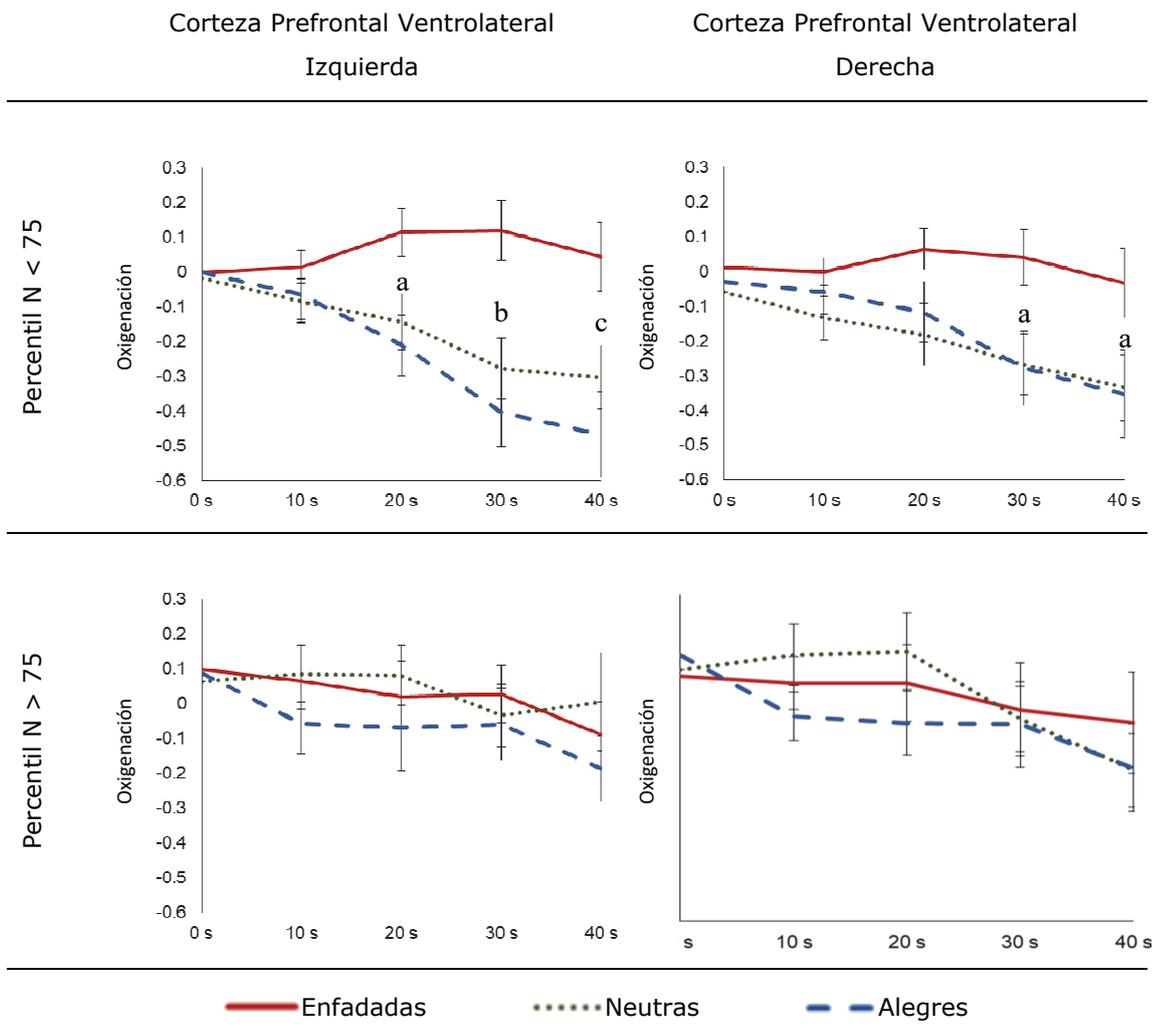
como factor entre sujetos. Los resultados de esta prueba ANOVA mostraron una interacción significativa entre el tiempo, la valencia y el grupo en la oxigenación de la corteza ventrolateral izquierda (Lambda de Wilks = 0.58, $F(12, 88) = 2.27$, $p < 0.015$, $\eta_p^2 = 0.24$) y en la derecha (Lambda de Wilks = 0.60, $F(12, 86) = 2.07$, $p < 0.028$, $\eta_p^2 = 0.22$).

Analizando los resultados de cara grupo por separado, el grupo con puntuaciones bajas y medias en Neuroticismo (percentil < 75) presentó diferencias significativas en oxigenación en función de la valencia, mostrando una mayor oxigenación en respuesta a las caras enfadadas, y reduciendo la oxigenación en respuesta a las caras neutras y alegres. La prueba t para muestras emparejadas para la oxigenación mostró diferencias significativas ante la visualización de caras enfadadas y caras alegres en las áreas prefrontales ventrolaterales izquierdas en los intervalos de 11-20 segundos, $t(38) = 2.51$, $p < 0.02$, d de Cohen = 0.84; 21-30 segundos, $t(38) = 3.60$, $p < 0.001$, d de Cohen = 1.17; y 31-40 segundos, $t(38) = 3.39$, $p < 0.002$, d de Cohen = 0.99. Por su parte, las zonas ventrolaterales derechas también mostraron diferencias entre las caras enfadadas y las alegres en los intervalos de 21-30 segundos, $t(37) = 2.26$, $p < 0.03$, d de Cohen = 0.72; y 31-40 segundos, $t(37) = 2.10$, $p < 0.05$, d de Cohen = 0.64.

Los cambios en oxigenación entre caras enfadadas y neutras también mostraron diferencias en el grupo con puntuaciones bajas y medias en Neuroticismo en función de la valencia. La corteza prefrontal ventrolateral izquierda presentó diferencias en los intervalos de 21-30 segundos $t(38) = 2.46$, $p < 0.02$, d de Cohen = 0.84; y 31-40 segundos, $t(38) = 2.05$, $p < 0.05$, d de Cohen = 0.66; así como una tendencia en el intervalo 11-20 segundos ($p < 0.10$). En la corteza prefrontal ventrolateral derecha las diferencias tan solo mostraron tendencias hacia la significación en los tres últimos segmentos temporales (Todas las $p < 0.10$).

Por su parte, el grupo de participantes con puntuaciones altas en Neuroticismo (percentil > 75) no mostró diferencias en la oxigenación de la corteza prefrontal en ninguna de las áreas examinadas de los dos hemisferios

(Todas las $p > 0.20$). La Figura 53 representa los cambios en oxigenación de cada uno de los grupos ante la presentación de las caras enfadadas, neutras y alegres para cada uno de los cuatro segmentos temporales (1-10, 11-20, 21-30 y 31-40 segundos). Los gráficos corresponden a las áreas de la corteza prefrontal ventrolateral de ambos hemisferios.



a = $p < 0.05$ (enfadadas vs alegres); b = $p < 0.001$ (enfadadas vs alegres) y $p < 0.05$ enfadadas vs neutras); c = $p < 0.005$ (enfadadas vs alegres) y $p < 0.05$ (enfadadas vs neutras)

Figura 53

Cambios en oxigenación ante caras de diferente valencia emocional a lo largo del tiempo para los dos grupos de Neuroticismo

2.3.3.2. Medidas subjetivas

En la Tabla 18 se exponen los valores subjetivos medios obtenidos para cada una de las categorías. El rango de valoraciones variaba entre 10-90. Los datos se presentan en formato de: *media (SEM)*.

Tabla 18

Valoraciones subjetivas de Valencia y Arousal para cada categoría de imágenes

	Valencia	Arousal
Enfadadas	41.69 (1.26)	55.82 (1.76)
Neutras	45.93 (0.79)	38.99 (1.57)
Alegres	69.53 (1.53)	42.55 (1.21)

La prueba ANOVA mostró resultados significativos para la evaluación subjetiva en función de la Valencia de los estímulos, $F(2, 102) = 116.361$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.695$. Las comparaciones por pares revelaron que las caras alegres eran significativamente mejor evaluadas que las neutras y las enfadadas (Todas las $p < 0.001$). Las caras neutras también mostraban una valoración subjetiva mayor que las enfadadas ($p < 0.01$).

El análisis de varianza de la valoración subjetiva del Arousal reveló un efecto significativo en función de la Valencia de las imágenes, $F(2, 102) = 63.934$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.556$. Las comparaciones por pares mostraron que las caras enfadadas eran las que se reconocían como más activadoras, en comparación a las neutras y a las positivas (Todas las $p < 0.001$). Las caras positivas mostraron también una mayor puntuación de Arousal que las neutras, aunque sin llegar a la significación aplicando la corrección de Bonferroni ($p < 0.026$).

2.3.4. *Discusión*

En esta investigación se estudian los patrones de activación prefrontal asociados a la presentación de estímulos faciales de diferente valencia afectiva y la relación de estas activaciones con el factor de personalidad Neuroticismo. Los resultados observados revelan la existencia de patrones de activación prefrontal diferenciados en función de la valencia. Las diferencias se observan en las medidas de HbO₂, HbT y Oxy, en las áreas ventrolaterales de la corteza, principalmente en el hemisferio izquierdo. La presentación de caras emocionales alegres y neutras se relacionó con un decremento en la actividad prefrontal en estas áreas a lo largo del bloque de presentación de las imágenes. El mismo efecto no se observó ante las caras enfadadas, las cuales provocaron un mantenimiento de la oxigenación, mostrando incluso pequeños aumentos en esta medida. Las diferencias fueron más significativas en el hemisferio izquierdo que en el derecho.

El segundo de los objetivos de esta investigación era observar las posibles diferencias en actividad prefrontal ante estos estímulos teniendo en cuenta las puntuaciones en el rasgo de Neuroticismo. Los resultados mostraron una correlación entre las puntuaciones en Neuroticismo y los cambios en oxigenación de las áreas prefrontales ventrolaterales ante las caras neutras (en ambos hemisferios) y alegres (en el hemisferio izquierdo). Las correlaciones mostraron cómo los sujetos con mayores puntuaciones en Neuroticismo tendían a presentar mayor actividad ante los estímulos neutros y positivos en las zonas que mostraron mayor diferenciación. Centrando el interés en los participantes que obtuvieron puntuaciones altas en este rasgo, estos no mostraron las mismas diferencias en función de la valencia que sí se observaron en el resto de la muestra.

Los resultados obtenidos son coherentes con los presentados en el Estudio 2 de esta tesis. En el anterior estudio se observó cómo las participantes con unas puntuaciones elevadas en Neuroticismo presentaban una activación característica ante estímulos emocionales en las zonas prefrontales ventrolaterales, principalmente en el hemisferio izquierdo.

Ambos estudios tienen en común la presentación de imágenes de diferente valencia afectiva en un paradigma de visualización pasiva de imágenes. Aunque las imágenes de escenas afectivas del IAPS y las caras emocionales poseen características distintas (Sabatinelli et al., 2011), como se ha comentado en el apartado 1.3.4 ambos son tipos de estímulos que han demostrado validez a la hora de evocar distintos estados emocionales (Lang et al., 1997, 2008; Lundqvist et al., 1998; Tottenham et al., 2009).

Las medidas subjetivas de valencia recogidas en esta investigación muestran cómo las caras emocionales de alegría eran percibidas como más positivas en comparación a las neutras y las enfadadas. Las expresiones neutras también se calificaron más positivamente que las enfadadas, siendo estas últimas percibidas como las más negativas. Respecto a las medidas subjetivas de arousal, las caras que se percibieron como más activadoras fueron las de enfado, seguidas por las de alegría y las neutras. Estas medidas subjetivas dan validez a las respuestas emocionales provocadas por los estímulos faciales.

Sabatinelli y colaboradores (2011) realizaron un meta-análisis en el que sugerían que tanto las caras como las escenas emocionales provocan respuestas que incluyen la corteza prefrontal, así como estructuras subcorticales como la amígdala. La corteza prefrontal es una estructura que presenta múltiples conexiones con otras áreas cerebrales. Estructuras del sistema límbico, como la amígdala, involucrada en el procesamiento de las respuestas emocionales, es una de las estructuras que recibe conexiones bidireccionales por parte de la corteza prefrontal (Davis y Lang, 2003). La actividad de la corteza prefrontal podría tener un efecto sobre las respuestas emocionales relacionadas con el sistema límbico. Este mecanismo de regulación de la respuesta emocional se consideraría un proceso arriba-abajo, puesto que parte de los sistemas superiores de procesamiento. Se ha sugerido que estos sistemas de regulación funcionan principalmente a través de las conexiones entre la corteza prefrontal y la amígdala (Morawetz et al., 2017). Las respuestas emocionales relacionadas con la actividad del sistema límbico también tendrían influencia sobre la actividad de la corteza prefrontal

a través de un mecanismo de activación abajo-arriba. Resultados previos han apuntado hacia una activación automática de la amígdala ante estímulos negativos potencialmente amenazantes, relacionando una mayor ansiedad con una respuesta prefrontal disminuida (Dolan y Vuilleumier, 2003; Kim y Hamann, 2007; Phelps y LeDoux, 2005).

La corteza prefrontal ha demostrado ser una estructura clave en los procesos de regulación emocional (Cremers et al., 2010; Haas et al., 2008; Kehoe et al., 2011). Phillips y colaboradores (2008) propusieron un circuito medial paleocortical asociado al mecanismo que enviaría información sobre el estado interno a las estructuras neocorticales laterales. Durante el proceso de control cognitivo de la respuesta emocional, los autores destacan cómo un aumento de la actividad en la corteza prefrontal ventrolateral izquierda se relaciona con una disminución en la actividad de la amígdala ipsilateral. Otros autores también han observado una asociación entre la actividad de la corteza prefrontal ventrolateral y una reducción en la actividad de la amígdala izquierda durante la reducción voluntaria de estados emocionales negativos (Morawetz et al., 2017). Todos estos resultados apoyan la idea de una relación entre la actividad de las estructuras límbicas y la corteza prefrontal. En esta investigación la corteza prefrontal ventrolateral mostró diferencias significativas en función de la valencia emocional, principalmente en el hemisferio izquierdo. Esta estructura mostró mayor actividad durante los bloques de caras con expresiones de enfado. Este efecto podría estar relacionado con la reducción de la actividad de la amígdala ante la presencia de estímulos potencialmente amenazantes.

Cremers y colaboradores (2010) han estudiado la conectividad funcional de la amígdala y la corteza prefrontal en respuesta a expresiones faciales negativas. Según estos autores, la correlación negativa entre la conectividad de la amígdala y la corteza cingulada anterior y las puntuaciones en Neuroticismo podría indicar que los sujetos con un alto nivel de Neuroticismo muestran una función de control disminuida sobre la amígdala. Las puntuaciones altas en Neuroticismo podrían correlacionarse con una mayor activación sostenida de la amígdala (Haas, Omura, Constable y Canli,

2007). Cremers y colaboradores (2010), concluyeron que las diferencias en Neuroticismo modularían la conectividad funcional en ciertas regiones de la amígdala y la corteza prefrontal cuando se procesa contenido emocional negativo. Estos patrones de conectividad podrían estar asociados con la vulnerabilidad al desarrollo de trastornos afectivos como la depresión y la ansiedad (Heller et al., 2013).

De forma complementaria cabe destacar el mayor efecto observado en las zonas del hemisferio izquierdo. Este efecto de lateralización indica un sesgo hacia el lado izquierdo durante el procesamiento de estímulos emocionales. En una revisión sobre la asimetría en las activaciones de la corteza prefrontal, Harmon-Jones, Gable y Peterson (2010) hipotetizan que tal preferencia hacia el lado izquierdo podría estar relacionada con reacciones de aproximación, tanto para emociones positivas (como el entusiasmo) como negativas (como la ira). El estado emocional que más interés ha despertado a estos investigadores ha sido la ira (Harmon-Jones y Allen, 1998; Harmon-Jones, 2004), la misma emoción utilizada en este estudio como estímulo negativo. La corteza prefrontal lateral izquierda estaría relacionada con el control del estado de ánimo, y un funcionamiento desadaptativo de estos sistemas podría estar relacionado con la vulnerabilidad a los trastornos afectivos (Dyck et al., 2011; Ma et al., 2017; Masuda et al., 2017; Miura et al., 2016; Ormel et al., 2013). Asimismo, la *Food and Drug Administration* (FDA) de Estados Unidos estableció en 2007 la estimulación magnética transcraneal de áreas de la corteza prefrontal lateral izquierda para el tratamiento del trastorno depresivo mayor (Connolly et al., 2012).

El Neuroticismo está relacionado con la experiencia de emociones negativas y con la vulnerabilidad a padecer trastornos afectivos. Los resultados de este estudio son coherentes con estas ideas, puesto que, a pesar de trabajar con población sana, las facetas del Neuroticismo que mayor correlación mostraron con las activaciones de la corteza prefrontal fueron las de Depresión y Ansiedad.

Aquellas participantes que mostraron mayores puntuaciones en el rasgo Neuroticismo mostraron un patrón característico de activación. Estas participantes no mostraron diferencias en las activaciones de la corteza prefrontal ventrolateral en función de la valencia emocional. Esto podría ser indicador de una peor discriminación entre los distintos estímulos emocionales y, en consecuencia, un procesamiento afectivo afectado en comparación a los sujetos que no eran altos en este rasgo. La corteza prefrontal podría estar desempeñando un papel regulador de las reacciones emocionales, que en este grupo de sujetos no estaría tan presente. Las personas con altas puntuaciones en Neuroticismo serían, por lo tanto, más propensas a padecer trastornos de ansiedad o depresivos.

Deben tenerse en cuenta distintas limitaciones a la hora de interpretar los resultados del estudio. Por una parte, la muestra solo incluyó participantes femeninas, las mujeres han demostrado una mayor reactividad ante estímulos emocionales (Bradley et al., 2001; Stevens y Hamann, 2012). Haría falta aplicar un paradigma similar también a una muestra masculina para poder generalizar estos resultados. Sobre las características de la muestra, cabe destacar que todas ellas eran personas sin ningún trastorno mental diagnosticado, por lo que la mayor vulnerabilidad a los trastornos afectivos solamente se hipotetiza a tenor de los resultados obtenidos. Esta aseveración debería ser comprobada analizando muestras clínicas o realizando un estudio longitudinal. Por otro lado, la conectividad entre la corteza prefrontal y otras estructuras subcorticales es un hecho comprobado en otras investigaciones, pero en este caso las limitaciones del sistema de registro permitían solamente observar las activaciones a nivel de la corteza prefrontal.

En conclusión, este estudio muestra las diferencias en la actividad de la corteza prefrontal ante la visualización de caras afectivas. Las expresiones neutras y positivas mostraron una habituación en la actividad de la corteza prefrontal ventrolateral a través del tiempo, un efecto no observado para las caras negativas. El rasgo de Neuroticismo parecía modular estas respuestas, no mostrando el mismo efecto aquellas personas altas en el rasgo. Todos estos efectos fueron más consistentes en el hemisferio izquierdo. Teniendo

en cuenta la conectividad funcional entre estructuras, la respuesta de la corteza prefrontal podría estar modulando la actividad de estructuras subcorticales como la amígdala. Esto podría estar relacionado con una mayor vulnerabilidad a los trastornos afectivos por parte de las personas con altas puntuaciones en Neuroticismo (Hamann, 2005).

3. DISCUSIÓN GENERAL

En este apartado se discutirán los resultados obtenidos en esta tesis. Para ello se empezará con la verificación de las hipótesis planteadas. A continuación, se comentará la investigación realizada, los resultados y las interpretaciones. Seguidamente, se comentarán las limitaciones de estas investigaciones, y se establecerán propuestas sobre posibles futuras líneas de trabajo. Y, por último, se realizará una conclusión final de la investigación realizada.

3.1. Verificación de hipótesis generales

Tal como se ha comentado en el apartado 1.5., en esta tesis se plantean unas hipótesis generales que se comprobarán en base a los resultados obtenidos en los estudios presentados. A continuación, se planteará la verificación o no de las hipótesis presentadas en función de los resultados observados.

3.1.1. *Hipótesis referentes a las funciones ejecutivas*

3.1.1.1. *Hipótesis 1*

Si la dificultad de la tarea requiere un mayor esfuerzo cognitivo y el esfuerzo cognitivo se relaciona con la actividad prefrontal, se espera que cuando realicen tareas cognitivas de mayor dificultad, los participantes tengan una mayor activación en la corteza prefrontal.

Las participantes del Estudio 1 mostraron un incremento en la actividad de la corteza prefrontal en función de la dificultad de la tarea. La condición de más dificultad fue la que mostró una mayor actividad prefrontal, seguida de la condición intermedia y de la baja. Esto parece indicar que más dificultad implica una mayor carga cognitiva y, por ende, una mayor actividad prefrontal. Teniendo en cuenta estos resultados, podemos afirmar que la Hipótesis 1 se verifica.

3.1.2. *Hipótesis referentes a las emociones*

3.1.2.1. *Hipótesis 2*

Si los estímulos desagradables inducen un estado emocional negativo y ello provoca un incremento en la activación cortical y subcortical, se espera que los estímulos desagradables se relacionen con una alta actividad prefrontal.

Los resultados del Estudio 3 mostraron cómo los estímulos desagradables se asociaban a una mayor actividad prefrontal ventrolateral. Por lo tanto, los resultados observados permiten manifestar que los estímulos desagradables se asocian a una mayor actividad prefrontal, principalmente en las áreas ventrolaterales de ambos hemisferios. Por lo tanto, podemos aseverar que la Hipótesis 2 se verifica.

3.1.3. *Hipótesis referentes a las emociones y la personalidad*

3.1.3.1. *Hipótesis 3*

Si el rasgo de Neuroticismo se relaciona con una mayor activación subcortical y un bajo control prefrontal ante estímulos negativos, las personas con puntuaciones elevadas en Neuroticismo presentarán una baja actividad prefrontal ante estímulos desagradables.

Los resultados observados en el Estudio 2 muestran cómo el grupo de participantes con alto nivel de Neuroticismo mostró una menor actividad prefrontal bilateral ante estímulos desagradables en comparación a los agradables. En el Estudio 3, el grupo con altas puntuaciones en Neuroticismo no mostró diferencias en su actividad prefrontal dependiendo de la valencia de los estímulos. No obstante, el grupo sin altas puntuaciones en Neuroticismo mostró una mayor activación ventrolateral ante estímulos desagradables comparados con los estímulos neutros y agradables. Teniendo en cuenta estas evidencias, podemos manifestar que la Hipótesis 3 también se verifica.

3.1.3.2. Hipótesis 4

Si el rasgo de Búsqueda de Sensaciones se relaciona con una mayor activación subcortical y un bajo control prefrontal ante estímulos positivos, las personas con puntuaciones elevadas en Búsqueda de Sensaciones presentarán una baja actividad prefrontal ante estímulos agradables.

En el Estudio 2, las participantes del grupo con altas puntuaciones en Búsqueda de Sensaciones no mostraron diferencias en su actividad prefrontal en función de la valencia de los estímulos. Atendiendo a los resultados, obtenidos en dicho estudio no podemos verificar la Hipótesis 4.

3.2. Actividad de la corteza prefrontal y funciones ejecutivas

La actividad de la corteza prefrontal se ve claramente influenciada por la carga cognitiva y, por ende, la dificultad de la tarea realizada. Cuanto mayor es la demanda cognitiva, mayor es la actividad prefrontal registrada mediante espectroscopia funcional (Braver et al., 1997; Cohen et al., 1997). En base a la literatura previa sobre funciones ejecutivas y actividad prefrontal estos resultados no son sorprendentes, sin embargo, aportan validez a la técnica fNIRS para medir las activaciones prefrontales utilizando un paradigma novedoso para los estudios de espectroscopia funcional.

Aunque las diferencias en la actividad prefrontal en función de la dificultad pueden observarse en todas sus áreas, las zonas que mayores diferencias mostraron fueron las laterales, tanto en su parte dorsal como ventral. Esto podría estar indicando una especialización mayor de dichas estructuras con procesos relacionados directamente con la tarea realizada en este paradigma. La corteza prefrontal dorsolateral podría asociarse a mecanismos de codificación y recuerdo, mientras que las áreas ventrolaterales de la corteza prefrontal podrían estar relacionadas con procesos de mantenimiento (D'Esposito et al., 2000). La actividad de otras zonas prefrontales como el área medial derecha podría estar relacionada con la necesidad de utilizar diferentes estrategias memorísticas para realizar la tarea (Gobet et al., 2001; Rypma et al., 1999).

El nivel de dificultad más bajo de la tarea de memoria de trabajo no suponía un esfuerzo significativo, sin embargo, el nivel medio y superior sí suponían un esfuerzo cognitivo mayor por parte de las participantes. Los dos niveles más altos de dificultad presentaron resultados similares. Esta saturación podría deberse a que ambos se encontraban en el límite o superando la capacidad media pronosticada de 7 ± 2 elementos (Miller, 1994). Los resultados expuestos en esta tesis representan la activación prefrontal ante una tarea de memoria de trabajo, pero a su vez se esperarían efectos análogos ante otros paradigmas que también incluyeran otros procesos ejecutivos (Diamond, 2013).

3.3. Actividad de la corteza prefrontal y emociones

La corteza prefrontal se ha asociado principalmente a tareas ejecutivas (Miller y Cohen 2001), sin embargo, esta área también parece tener gran relevancia en procesos emocionales. La corteza prefrontal parece jugar un papel clave tanto en procesos de generación de la emoción como de regulación afectiva (Dixon et al., 2017).

Desde la neurociencia afectiva se han señalado algunas estructuras cerebrales clave en el procesamiento de la emoción, como la amígdala, el hipotálamo o el hipocampo (Davis y Lang, 2003). Todas estas áreas forman parte del conocido como sistema límbico y comparten asimismo la característica de ser estructuras subcorticales. Sin embargo, gran parte del sistema límbico presenta conexiones directas con estructuras externas como la corteza prefrontal. Estas conexiones son bidireccionales, y por lo tanto la corteza prefrontal modula dichas estructuras subcorticales (arriba-abajo) a la vez que su actividad se ve influenciada por ellas (abajo-arriba) (Dalglish, 2004; Ochsner et al., 2009). La conectividad funcional presente entre estas distintas estructuras puede ser clave en la forma de procesar los estímulos afectivos (Cremers et al., 2010).

Las zonas ventrolaterales de la corteza prefrontal parecen mostrar una actividad diferenciada en función de la valencia de la emoción percibida. Dicho efecto diferencial parecía observarse tanto ante escenas con contenido afectivo como por la visualización de caras emocionales. La reactividad de estas zonas corticales se mostraba de forma bilateral, pero de forma más rápida e intensa en el hemisferio izquierdo. La red formada por la corteza prefrontal ventrolateral izquierda y la amígdala izquierda ha sido señalada como una estructura clave en el procesamiento de los estímulos afectivos (Dyck et al., 2011; Madsen et al., 2016; Miura et al., 2016; Ochsner et al., 2009; Ray y Zasl, 2012). Los resultados obtenidos en estos estudios muestran una preferencia del hemisferio izquierdo en estos procesos.

3.4. Actividad de la corteza prefrontal, emociones y personalidad

Los resultados de estas investigaciones destacan las diferencias individuales presentes en el procesamiento afectivo a nivel prefrontal. Los factores de personalidad parecen ser un elemento diferenciador a la hora de procesar los estímulos emocionales y regular la respuesta afectiva (Joormann y Quinn, 2014). El Neuroticismo muestra una gran relación con las activaciones a nivel prefrontal relacionadas con el procesamiento afectivo.

Las áreas ventrolaterales de la corteza prefrontal muestran una actividad diferenciada ante estímulos emocionales en las participantes altas en Neuroticismo. La corteza prefrontal ventrolateral presenta conexiones directas con estructuras del sistema límbico como la amígdala. A través de sus conexiones subcorticales la corteza prefrontal ventrolateral podría estar regulando la reactividad emocional asociada a dichas estructuras subcorticales (Ahmed et al., 2015; Mitchell, 2011).

Las puntuaciones altas en Neuroticismo se relacionarían con una mayor actividad prefrontal ventrolateral ante estímulos positivos y neutros. A su vez, el alto Neuroticismo parece asociarse a una menor actividad prefrontal ventrolateral ante estímulos negativos. En las personas altas en Neuroticismo

los elementos potencialmente peligrosos o desagradables provocarían una inhibición del control arriba-abajo de las áreas subcorticales y, por lo tanto, una mayor actividad de estructuras como la amígdala (Haas et al., 2007). La serotonina podría jugar un papel clave en esta falta de control inhibitorio ante situaciones negativas (De Raedt y Koster, 2010).

Las personas altas en Neuroticismo podrían presentar un sesgo a la hora de atender y evaluar las respuestas emocionales asociadas a estructuras subcorticales (Dixon et al., 2017). Los sesgos atencionales asociados al procesamiento de estímulos emocionales es un rasgo característico de las personas con problemas de ansiedad (Bar-Haim et al., 2007; Basten et al., 2011; Bishop, 2007, 2009). Hori y colaboradores (2008) mostraron en su investigación que era posible detectar patrones de activación de riesgo en personas sanas.

La conectividad funcional entre la amígdala y las estructuras frontales parece estar afectada en las personas altas en Neuroticismo (Cremers et al., 2010). Esto podría estar condicionando el procesamiento de estímulos negativos y, en consecuencia, suponer una vulnerabilidad a los trastornos afectivos (Heller et al., 2013). El Neuroticismo del modelo de Zuckerman se forma con las facetas de Ansiedad, Depresión, Dependencia y Baja Autoestima (Aluja et al., 2010). Los resultados observados en esta tesis muestran cómo las facetas que correlacionan con un efecto diferenciado en función de la valencia fueron la Ansiedad, la Depresión y la Baja Autoestima. Dichos resultados van acordes con la hipótesis de la vulnerabilidad afectiva por parte en las personas altas en Neuroticismo (Dyck et al., 2011; Ma et al., 2017; Masuda et al., 2017; Miura et al., 2016; Ormel et al., 2013).

Atendiendo al otro rasgo de personalidad analizado, la Búsqueda de Sensaciones no pareció mostrar un efecto diferenciador en función de la valencia. Esto podría deberse tanto a un mayor control ante elementos negativos como a una hipoactivación prefrontal ante los positivos. Teniendo en cuenta esta última hipótesis las personas altas en Búsqueda de Sensaciones podrían mostrar una sensibilidad a los elementos positivos (Aluja

y Blanch, 2011; Aluja et al., 2013), relacionada con un menor control prefrontal ante estos estímulos. Las conductas de impulsividad y alta Sensibilidad a la Recompensa presentes en esta población podrían relacionarse con esta falta de control prefrontal. Sin embargo, serían necesarias más investigaciones para verificar dicho efecto.

3.5. Limitaciones

Para valorar los resultados e interpretaciones derivadas de estos estudios se deben tener en cuenta algunas limitaciones. Por un lado, el hecho de analizar estos resultados en participantes únicamente femeninas hace más homogénea la muestra experimental, pero dificulta la generalización de estos resultados a la población masculina (Bradley et al, 2001). Por otro lado, una de las limitaciones intrínsecas de la técnica fNIRS es que registra únicamente las activaciones que ocurren a nivel de la corteza cerebral, excluyendo el análisis de mecanismos subcorticales. Asimismo, se debe tener en cuenta que todas las participantes formaban parte de población "sana", por lo que todas las hipótesis asociadas a una vulnerabilidad a padecer trastornos psicopatológicos deberían comprobarse con población clínica. Finalmente, las diferentes características de las muestras y de los paradigmas utilizados dificultan la comparación de los estudios 2 y 3.

3.6. Futuros estudios

Los hallazgos observados en esta tesis siguen la línea de la literatura previa sobre cognición, emoción y personalidad. Estos resultados abren la posibilidad de futuros estudios en este campo de investigación.

La interpretación de los resultados obtenidos en esta tesis incluye el posible control de sistemas cerebrales subcorticales, principalmente del sistema límbico. Para poder corroborar estas hipótesis sería necesario

observar de forma directa la actividad de dichas áreas cerebrales y su relación con la corteza prefrontal.

Los resultados obtenidos en esas investigaciones muestran cómo la actividad de la corteza prefrontal se relaciona tanto con mecanismos ejecutivos como con emocionales. Es por ello que futuros estudios deberían analizar cómo estos procesos se relacionan entre sí, realizando, por ejemplo, tareas que impliquen funciones ejecutivas, pero incluyendo aspectos emocionales. A su vez, las variables de personalidad muestran clara relación con la activación cerebral ligada a los procesos emocionales. Sería de interés observar si la personalidad se relaciona de forma similar con las funciones ejecutivas.

El Neuroticismo ha demostrado estar ampliamente ligado a los sistemas de procesamiento emocional. Sin embargo, como se ha revisado en el capítulo 1.2, otros factores de personalidad pueden modular también tales mecanismos. Un enfoque interesante para futuras investigaciones sería estudiar la relación de otros factores de personalidad, como la Sensibilidad al Castigo o la Sensibilidad a la Recompensa, con los procesos estudiados en esta tesis.

Como se ha comentado en el apartado 3.5, se deberían realizar investigaciones con población clínica sobre un procesamiento prefrontal alterado asociado al rasgo de Neuroticismo. Los principales trastornos que podrían ser indicativos de un procesamiento emocional afectado serían los asociados al estado de ánimo y de ansiedad.

3.7. Conclusiones

A continuación, a modo de conclusión general se detallan las principales ideas que se derivan de los resultados de esta tesis en función de sus objetivos. El primer objetivo de este trabajo era ampliar el conocimiento de la técnica fNIRS aplicada a los procesos mentales en humanos.

Seguidamente se planteaba estudiar los patrones de activación asociados las funciones ejecutivas y, en concreto, a la carga cognitiva de la memoria de trabajo. Y, como último objetivo, se establecía conocer qué patrones de activación prefrontal se producen en función de la valencia del estímulo y cómo estos patrones se relacionan con distintas variables de personalidad. Los resultados observados en esta tesis aportan evidencias de la importancia de la corteza prefrontal en procesos ejecutivos y emocionales, y cómo las diferencias individuales juegan un papel clave en estos mecanismos. Mejorar el conocimiento de tales procesos resulta de especial importancia a la hora de mejorar y adaptar los sistemas de evaluación e intervención psicológica a las necesidades de cada individuo. Como se ha comentado en el apartado 4.6 de esta tesis, es asimismo importante resaltar la necesidad de más investigaciones en este campo para corroborar los hallazgos observados en este trabajo.

Por todo ello, las conclusiones derivadas de estas investigaciones son:

1. La técnica fNIRS es una herramienta válida para el estudio de la actividad de la corteza prefrontal en paradigmas cognitivos y emocionales.

La técnica fNIRS es una técnica con un desarrollo relativamente reciente en el campo de la neurociencia. Los hallazgos presentados en esta tesis corroboran su aplicación para medir la actividad de la corteza prefrontal asociada a distintos procesos mentales, tanto cognitivos como emocionales. Se destaca la comodidad que implica esta técnica para los participantes, mejorando ostensiblemente la ecología de los paradigmas experimentales y facilitando su uso con personas con limitaciones para otros sistemas de registro.

Los resultados obtenidos en estas investigaciones son congruentes con la literatura previa sobre actividad de la corteza prefrontal y funciones ejecutivas o procesos emocionales. La técnica fNIRS ha demostrado ser una

herramienta válida para el estudio de la actividad de la corteza prefrontal. La reciente aplicación que ha tenido esta técnica en el campo de la Neurociencia abre grandes posibilidades aplicando paradigmas experimentales usados anteriormente con otros sistemas de registro.

2. Existe una relación directa entre la carga cognitiva de las funciones ejecutivas, como la memoria de trabajo, y la actividad de la corteza prefrontal.

A lo largo de la literatura las funciones ejecutivas han demostrado estar relacionadas de forma directa con la actividad de la corteza prefrontal. Los resultados observados en este trabajo ponen de manifiesto la relación entre la carga cognitiva de los mentados procesos ejecutivos y la actividad de la corteza prefrontal. Los procesos que requerían mayores esfuerzos mentales y, por ende, mayores recursos cognitivos se asociaron a un mayor incremento en la activación prefrontal. Consecuentemente, aquellos procesos que no requerían tantos recursos fueron los que menor actividad mostraron. Atendiendo a tales evidencias, parece patente la relación directa entre la carga cognitiva de los procesos ejecutivos y la actividad de la corteza prefrontal analizada mediante espectroscopia funcional.

3. La valencia de los estímulos presentados modula la actividad de las zonas ventrolaterales de la corteza prefrontal.

La actividad de la corteza prefrontal demuestra no solo estar relacionada con las funciones ejecutivas. Los resultados obtenidos en estas investigaciones muestran cómo los procesos emocionales también se asocian a diferencias en la actividad prefrontal. Las áreas prefrontales que parecen estar más relacionadas con la carga emocional son las áreas ventrolaterales bilaterales. Dichas estructuras podrían estar modulando la actividad de sistemas cerebrales subcorticales a través de conexiones con áreas del sistema límbico como la amígdala. A pesar de no detectarse grandes

diferencias entre hemisferios, todos los resultados observados destacan una preferencia de las áreas prefrontales izquierdas para estos procesos emocionales.

4. El alto Neuroticismo se relaciona con una actividad prefrontal ventrolateral anómala ante estímulos emocionales.

Variables individuales como los factores de personalidad demuestran ejercer influencia sobre los procesos emocionales y, por lo tanto, sobre la activación cerebral asociada a estos. Aquellos individuos con puntuaciones altas en Neuroticismo muestran una sobreactivación de las estructuras ventrolaterales ante estímulos no amenazantes y una menor activación ante estímulos potencialmente negativos. La corteza prefrontal ventrolateral presenta conexiones con áreas límbicas subcorticales. En consecuencia, las personas con altas puntuaciones en Neuroticismo presentarían un control emocional alterado o desregulación emocional. Dicha característica podría asociarse a la vulnerabilidad que presentan las personas altas en Neuroticismo a padecer trastornos del estado de ánimo. Por su parte, las altas puntuaciones en Búsqueda de Sensaciones, relacionadas con la impulsividad y la alta sensibilidad al reforzamiento, no se asociarían con una respuesta prefrontal diferencial en función de la valencia de los estímulos.

3.8. Conclusions

In the following section, a general conclusion will be drawn, and the main ideas that derive from the results of this thesis will be detailed according to its objectives. This work's first objective was to expand the knowledge of the fNIRS technique applied to mental processes in humans. Then, the second objective was to observe the possible activation patterns based on the cognitive load of executive functions such as working memory. In addition, the final objective was to know which prefrontal activation patterns occur depending on the valence of the stimulus and how these patterns relate to

different personality variables. The results observed in this thesis evidence the importance of the prefrontal cortex in executive and emotional processes, and highlights the key role of individual differences in these mechanisms. Improving the knowledge of such processes is key when it comes to improving and adapting the psychological assessment and intervention systems to the needs of each individual. As mentioned in section 4.6 of this thesis, it is also important to highlight the need for more research in this field to corroborate the findings observed in this work.

Therefore, the conclusions derived from these investigations are:

1. The fNIRS technique is a valid tool for the study of prefrontal cortex activity in cognitive and emotional paradigms.

The fNIRS technique is a technique with a relatively recent development in the field of neuroscience. The findings presented in this thesis confirm the technique's reliability when measuring the prefrontal cortex's activity of the associated with different mental processes, both cognitive and emotional. The comfort that this technique implies for the participants is worth noting, significantly improving the ecology of the experimental paradigms and facilitating its use with people that can present limitations under other registration systems.

The results obtained in these studies are consistent with the previous literature on prefrontal cortex activity and executive functions or emotional processes. The fNIRS technique has proven to be a valid tool for the study of the prefrontal cortex activity. The recent application of this technique in the field of Neuroscience opens up great possibilities applying experimental paradigms previously used with other systems.

2. There is a direct relationship between the cognitive load of executive functions, such as working memory, and the activity of the prefrontal cortex.

Throughout the literature, executive functions directly relate to the activity of the prefrontal cortex. The results observed in this work show the relationship between the cognitive load of the mentioned executive processes and the activity of the prefrontal cortex. The processes that required greater mental efforts and, therefore, greater cognitive resources were associated with a greater increase in prefrontal activation. Consequently, those processes that did not require so many resources were the ones that showed the least activity. In view of such evidence, the direct relationship between the cognitive burden of executive processes and the activity of the prefrontal cortex analyzed by functional spectroscopy seems relevant.

3. The valence of the presented stimuli modulates the activity of the ventrolateral areas of the prefrontal cortex.

The activity of the prefrontal cortex proves not only to relate to executive functions. The results obtained in these investigations show how emotional processes are also associated with differences in prefrontal activity. The prefrontal areas that appear to relate more to emotional burden are bilateral ventrolateral areas. Such structures could be modulating the activity of subcortical brain systems through connections with areas of the limbic system such as the amygdala. Despite not detecting large differences between hemispheres, all observed results highlight a preference of the left prefrontal areas for these emotional processes.

4. High Neuroticism relates to an anomalous ventrolateral prefrontal activity in front of emotional stimuli.

Individual variables such as personality factors demonstrate influence on emotional processes and, therefore, on the brain activation associated with them. Those individuals with high scores in Neuroticism show an overactivation of ventrolateral structures in the face of non-threatening

stimuli and less activation in the face of potentially negative stimuli. The ventrolateral prefrontal cortex has connections with subcortical limbic areas. Consequently, people with high scores in Neuroticism would have altered emotional control or emotional dysregulation. This characteristic could be associated with the vulnerability of high scoring subjects in Neuroticism to suffer from mood disorders. On the other hand, high Sensation Seeking scores, related to impulsivity and increased sensitivity to reinforcement, would not be associated with a differential prefrontal response depending on the valence of the stimuli.

4. REFERENCIAS

-
- Abe, J. A. A. y Izard, C. E. (1999). The developmental functions of emotions: An analysis in terms of differential emotions theory. *Cognition & Emotion*, 13(5), 523-549. doi: 10.1080/026999399379177
- Aguilar, Á., Tous, J. M. y Andrés Pueyo, A. (1990). Adaptación y estudio psicométrico del EPQ-R [Adaptation and psychometric study of EPQ-R]. *Anuario de Psicología*, 3(46), 101-118.
- Ahmed, S. P., Bittencourt-Hewitt, A. y Sebastian, C. L. (2015). Neurocognitive bases of emotion regulation development in adolescence. *Developmental cognitive neuroscience*, 15, 11-25. doi: 10.1016/j.dcn.2015.07.006
- Allport, G. W. (1937). Personality: A psychological interpretation.
- Allport, G. W. y Odbert, H. S. (1936). Trait-names: A psycho-lexical study. *Psychological Monographs*, 47(1), i-171. doi: 10.1037/h0093360
- Aluja, A. (2019). In memoriam of Marvin Zuckerman: His impact on Spanish Psychology. *Psicothema*, 31(2), 184-193. doi: 10.7334/psicothema2019.35
- Aluja, A. y Blanch, A. (2011). Neuropsychological behavioral inhibition system (BIS) and behavioral approach system (BAS) assessment: A shortened sensitivity to punishment and sensitivity to reward questionnaire version (SPSRQ-20). *Journal of Personality Assessment*, 93(6), 628-636. doi: 10.1080/00223891.2011.608760
- Aluja, A. y Torrubia, R. (1998). Viewing of mass media violence, perception of violence, personality and academic achievement. *Personality and Individual Differences*, 25(5), 973-989. doi: 10.1016/S0191-8869(98)00122-6
- Aluja, A., Balada, F., Blanco, E., Fibla, J. y Blanch, A. (2019). Twenty candidate genes predicting neuroticism and sensation seeking personality traits: a multivariate analysis association approach. *Personality and Individual Differences*, 140, 90-102. doi: 10.1016/j.paid.2018.03.041
- Aluja, A., Blanch, A., Gallart, S. y Dolcet, J. M. (2010). The Temperament and Character Inventory Revised (TCI-R): Descriptive and factor structure in different age levels. *Psicología Conductual*, 18(2), 385.
-

- Aluja, A., Escorial, S., García, L. F., García, Ó., Blanch, A. y Zuckerman, M. (2013). Reanalysis of Eysenck's, Gray's, and Zuckerman's structural trait models based on a new measure: The Zuckerman-Kuhlman-Aluja Personality Questionnaire (ZKA-PQ). *Personality and Individual Differences, 54*(2), 192-196. doi: 10.1016/j.paid.2012.08.030
- Aluja, A., García, Ó. y García, L. F. (2003). A psychometric analysis of the revised Eysenck Personality Questionnaire short scale. *Personality and individual differences, 35*(2), 449-460. doi: 10.1016/S0191-8869(02)00206-4
- Aluja, A., Garcia, O., Rossier, J. y Garcia, L. F. (2005). Comparison of the NEO-FFI, the NEO-FFI-R and an alternative short version of the NEO-PI-R (NEO-60) in Swiss and Spanish samples. *Personality and Individual Differences, 38*(3), 591-604. doi: 10.1016/j.paid.2004.05.014
- Aluja, A., Kuhlman, M. y Zuckerman, M. (2010). Development of the Zuckerman-Kuhlman-Aluja personality questionnaire (ZKA-PQ): A factor/facet version of the Zuckerman-Kuhlman personality questionnaire (ZKPQ). *Journal of personality assessment, 92*(5), 416-431. doi: 10.1080/00223891.2010.497406
- Aluja, A., Lucas, I., Blanch, A. y Blanco, E. (2019). Personality and disinhibitory psychopathology in alcohol consumption: A study from the biological-factorial personality models of Eysenck, Gray and Zuckerman. *Personality and Individual Differences, 142*, 159-165. doi: 10.1016/j.paid.2019.01.030
- Aluja, A., Lucas, I., Blanch, A., García, O. y García, L. F. (2018). The Zuckerman-Kuhlman-Aluja Personality Questionnaire shortened form (ZKA-PQ/SF). *Personality and Individual Differences, 134*, 174-181. doi: 10.1016/j.paid.2018.06.015
- American Psychiatric Association. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.). Washington, DC: Author
- An, S., Ji, L. J., Marks, M. y Zhang, Z. (2017). Two sides of emotion: exploring positivity and negativity in six basic emotions across cultures. *Frontiers in psychology, 8*, 610. doi: 10.3389/fpsyg.2017.00610
-

-
- Aoki, R., Sato, H., Katura, T., Matsuda, R. y Koizumi, H. (2013). Correlation between prefrontal cortex activity during working memory tasks and natural mood independent of personality effects: an optical topography study. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 212(1), 79-87. doi: 10.1016/j.pscychresns.2012.10.009
- Arenth, P. M., Ricker, J. H. y Schultheis, M. T. (2007). Applications of functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) to neurorehabilitation of cognitive disabilities. *The Clinical Neuropsychologist*, 21(1), 38-57. doi: 10.1080/13854040600878785
- Argaud, S., Vérin, M., Sauleau, P. y Grandjean, D. (2018). Facial emotion recognition in Parkinson's disease: A review and new hypotheses. *Movement Disorders*, 33(4), 554-567. doi: 10.1002/mds.27305
- Aupperle Robin, L. y Martin, P. P. (2010). Neural systems underlying approach and avoidance in anxiety disorders. *Dialogues in clinical neuroscience*, 12(4), 517.
- Aupperle, R. L., Melrose, A. J., Francisco, A., Paulus, M. P. y Stein, M. B. (2015). Neural substrates of approach-avoidance conflict decision-making. *Human brain mapping*, 36(2), 449-462. doi: 10.1002/hbm.22639
- Ávila, C., Parcet, M. A. y Barrós-Loscertales, A. (2008). A cognitive neuroscience approach to individual differences in sensitivity to reward. *Neurotoxicity research*, 14(2-3), 191-203. doi: 10.1007/BF03033810
- Ayaz, H. (2005). "Analytical software and stimulus-presentation platform to utilize, visualize and analyze near-infrared spectroscopy measures". MS Tesis, Drexel University, Philadelphia, PA.
- Ayaz, H., Onaral, B., Izzetoglu, K., Shewokis, P. A., McKendrick, R. y Parasuraman, R. (2013). Continuous monitoring of brain dynamics with functional near infrared spectroscopy as a tool for neuroergonomic research: empirical examples and a technological development. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 871. doi: 10.3389/fnhum.2013.00871
-

- Ayaz, H., Shewokis, P. A., Bunce, S. C. y Onaral, B. (2018). *U.S. Patent No. 9,946,344*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Ayaz, H., Shewokis, P. A., Bunce, S., Izzetoglu, K., Willems, B. y Onaral, B. (2012). Optical brain monitoring for operator training and mental workload assessment. *Neuroimage*, 59(1), 36-47. doi: 10.1016/j.neuroimage.2011.06.023
- Ayaz, H., Shewokis, P. A., Curtin, A., Izzetoglu, M., Izzetoglu, K. y Onaral, B. (2011). Using MazeSuite and functional near infrared spectroscopy to study learning in spatial navigation. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, (56), e3443. doi: 10.3791/3443
- Ayaz, H., Willems, B., Bunce, B., Shewokis, P. A., Izzetoglu, K., Hah, S., ... y Onaral, B. (2010). Cognitive workload assessment of air traffic controllers using optical brain imaging sensors. *Advances in understanding human performance: Neuroergonomics, human factors design, and special populations*, 21-31. doi: 10.1007/978-3-642-21852-1_63
- Azechi, M., Iwase, M., Ikezawa, K., Takahashi, H., Canuet, L., Kurimoto, R., ... y Yasuda, Y. (2010). Discriminant analysis in schizophrenia and healthy subjects using prefrontal activation during frontal lobe tasks: a near-infrared spectroscopy. *Schizophrenia research*, 117(1), 52-60. doi: 10.1016/j.schres.2009.10.003
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory?. *Trends in cognitive sciences*, 4(11), 417-423. doi: 10.1016/S1364-6613(00)01538-2
- Baddeley, A. D. y Hitch, G. (1974). Working memory. En *Psychology of learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47-89). Academic press.
- Baddeley, A. D., Bressi, S., Della-Sala, S., Logie R. y Spinnler, H. (1991). The decline of working memory in Alzheimer's disease: A longitudinal study. *Brain*, 114(6), 2521-2542. doi: 10.1093/brain/114.6.2521
- Balada, F., Lucas, I., Blanch, Á., Blanco, E. y Aluja, A. (2019). Neuroticism is associated with reduced oxygenation levels in the lateral prefrontal cortex following exposure to unpleasant images. *Physiology & behavior*, 199, 66-72. doi: 10.1016/j.physbeh.2018.11.002
-

-
- Balada, F., Torrubia, R. y Arqué, J. M. (1992). Thyroid hormone correlates of sensation seeking and anxiety in healthy human females. *Neuropsychobiology*, *25*(4), 208-213. doi: 10.1159/000118839
- Balconi, M. y Vanutelli, M. E. (2016). Emotions and BIS/BAS components affect brain activity (ERPs and fNIRS) in observing intra-species and inter-species interactions. *Brain imaging and behavior*, *10*(3), 750-760. doi: 10.1007/s11682-015-9443-z
- Balconi, M., Grippa, E. y Vanutelli, M. E. (2015). Resting lateralized activity predicts the cortical response and appraisal of emotions: an fNIRS study. *Social cognitive and affective neuroscience*, *10*(12), 1607-1614. doi: 10.1093/scan/nsv041
- Bandara, D., Velipasalar, S., Bratt, S. y Hirshfield, L. (2018). Building predictive models of emotion with functional near-infrared spectroscopy. *International Journal of Human-Computer Studies*, *110*, 75-85. doi: 10.1016/j.ijhcs.2017.10.001
- Bard, P. (1928). A diencephalic mechanism for the expression of rage with special reference to the sympathetic nervous system. *American Journal of Physiology-Legacy Content*, *84*(3), 490-515. doi: 10.1152/ajplegacy.1928.84.3.490
- Bardo, M. T., Donohew, R. L. y Harrington, N. G. (1996). Psychobiology of novelty seeking and drug seeking behavior. *Behavioural brain research*, *77*(1-2), 23-43. doi: 10.1016/0166-4328(95)00203-0
- Bar-Haim, Y., Dan, O., Eshel, Y. y Sagi-Schwartz, A. (2007). Predicting children's anxiety from early attachment relationships. *Journal of anxiety disorders*, *21*(8), 1061-1068. doi: 10.1016/j.janxdis.2006.10.013
- Barrós-Loscertales, A. (2007). Visualización mediante resonancia magnética estructural y funcional de las diferencias individuales en la sensibilidad a la recompensa (Tesis doctoral, Universitat Jaume I).
- Barrós-Loscertales, A., Meseguer, V., Sanjuan, A., Belloch, V., Parcet, M. A., Torrubia, R. y Ávila, C. (2006). Behavioral inhibition system activity is associated with increased amygdala and hippocampal gray matter
-

-
- volume: a voxel-based morphometry study. *Neuroimage*, 33(3), 1011-1015. doi: 10.1016/j.neuroimage.2006.07.025
- Basten, U., Stelzel, C. y Fiebach, C. J. (2011). Trait anxiety modulates the neural efficiency of inhibitory control. *Journal of cognitive neuroscience*, 23(10), 3132-3145. doi: 10.1162/jocn_a_00003
- Battaglia, M., Zanoni, A., Taddei, M., Giorda, R., Bertolotti, E., Lampis, V., ... y Tettamanti, M. (2012). Cerebral responses to emotional expressions and the development of social anxiety disorder: a preliminary longitudinal study. *Depression and anxiety*, 29(1), 54-61. doi: 10.1002/da.20896
- Baveye, Y., Dellandrea, E., Chamaret, C. y Chen, L. (2015). Liris-accede: A video database for affective content analysis. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 6(1), 43-55. doi: 10.1109/TAFFC.2015.2396531
- Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D. y Damasio, A. R. (2005). The Iowa Gambling Task and the somatic marker hypothesis: some questions and answers. *Trends in cognitive sciences*, 9(4), 159-162. doi: 10.1016/j.tics.2005.02.002
- Bechara, A., Tranel, D. y Damasio, A. R. (2002). The somatic marker hypothesis and decision-making. *Handbook of neuropsychology*, 7, 117-144.
- Beer, A. (1852) Bestimmung der Absorption des rothen Lichts in farbigen Flüssigkeiten. *Annalen der Physik*, 62, 78-88
- Bendall, R. C., Eachus, P. y Thompson, C. (2016). A brief review of research using near-infrared spectroscopy to measure activation of the prefrontal cortex during emotional processing: the importance of experimental design. *Frontiers in human neuroscience*, 10, 529. doi: 10.3389/fnhum.2016.00529
- Bijttebier, P., Beck, I., Claes, L. y Vandereycken, W. (2009). Gray's Reinforcement Sensitivity Theory as a framework for research on personality-psychopathology associations. *Clinical psychology review*, 29(5), 421-430. doi: 10.1016/j.cpr.2009.04.002
- Billieux, J., Khazaal, Y., Oliveira, S., De Timary, P., Edel, Y., Zebouni, F., ... y Van der Linden, M. (2011). The geneva appetitive alcohol pictures
-

-
- (GAAP): development and preliminary validation. *European addiction research*, 17(5), 225-230. doi: 10.1159/000328046
- Bishop, D. V. (1977). The P scale and psychosis. *Journal of Abnormal Psychology*, 86(2), 127-134. doi: 10.1037/0021-843X.86.2.127
- Bishop, S. J. (2009). Trait anxiety and impoverished prefrontal control of attention. *Nature neuroscience*, 12(1), 92. doi: 10.1038/nn.2242
- Bishop, S., Duncan, J., Brett, M. y Lawrence, A. D. (2004). Prefrontal cortical function and anxiety: controlling attention to threat-related stimuli. *Nature neuroscience*, 7(2), 184. doi: 10.1038/nn1173
- Blumenthal, T. D., Cuthbert, B. N., Filion, D. L., Hackley, S., Lipp, O. V. y Van Boxtel, A. (2005). Committee report: Guidelines for human startle eyeblink electromyographic studies. *Psychophysiology*, 42(1), 1-15. doi: 10.1111/j.1469-8986.2005.00271.x
- Borgatta, E. F. (1964). The structure of personality characteristics. *Behavioral science*, 9(1), 8-17. doi: 10.1002/bs.3830090103
- Bouguer, P. (1729) *Essai d'optique, sur la gradation de la lumiere*. Claude Jombert, Paris.
- Bradley, M. M. y Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, 25(1), 49-59. doi: 10.1016/0005-7916(94)90063-9
- Bradley, M. M. y Lang, P. J. (2007). Affective Norms for English Text (ANET): Affective ratings of text and instruction manual. (Tech. Rep. No. D-1). University of Florida, Gainesville, FL.
- Bradley, M. M. y Lang, P. J. (2007). Emotion and motivation. In J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary y G. G. Berntson (Eds.), *Handbook of psychophysiology* (p. 581-607). Cambridge University Press. doi: 10.1017/CBO9780511546396.025
- Bradley, M. M. y Lang, P. J. (2007). The International Affective Digitized Sounds (2nd Edition; IADS-2): Affective ratings of sounds and instruction manual. Technical report B-3. University of Florida, Gainesville, FL.
-

- Bradley, M. M., Codispoti, M., Cuthbert, B. N. y Lang, P. J. (2001). Emotion and motivation I: defensive and appetitive reactions in picture processing. *Emotion*, 1(3), 276. doi: 10.1037/1528-3542.1.3.276
- Bradley, M. M., Codispoti, M., Sabatinelli, D. y Lang, P. J. (2001). Emotion and motivation II: sex differences in picture processing. *Emotion*, 1(3), 300. doi: 10.1037/1528-3542.1.3.300
- Bradley, M. M., Greenwald, M. K. y Hamm, A. O. (1993). Affective picture processing. En N. Birbaumer y A. Öhman (Eds.), *The structure of emotion. Psychological, cognitive and clinical aspects* (pp. 48-65). Seattle, WA: Hogrefe & Huber Publishers.
- Bradley, M. M. y Lang, P. J. (2007). The International Affective Picture System (IAPS) in the study of emotion and attention. En J. A. Coan y J. J. B. Allen (Eds.), *Series in affective science. Handbook of emotion elicitation and assessment* (p. 29-46). Oxford University Press.
- Bradley, M.M. y Lang, P.J. (2017). Affective Norms for English Words (ANEW): Instruction manual and affective ratings. Technical Report C-3. Gainesville, FL:UF Center for the Study of Emotion and Attention.
- Braver, T.S., Cohen, J.D., Nystrom, L.E., Jonides, J., Smith, E.E. y Noll, D.C. (1997). A parametric study of prefrontal cortex involvement in human working memory. *Neuroimage*, 5(1), 49-62. doi: 10.1006/nimg.1996.0247
- Brocki, K. C. y Bohlin, G. (2004). Executive functions in children aged 6 to 13: A dimensional and developmental study. *Developmental neuropsychology*, 26(2), 571-593. doi: 10.1207/s15326942dn2602_3
- Brodmann, K. (1909). *Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde in ihren Prinzipien dargestellt auf Grund des Zellenbaues*, Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig.
- Bunce, S. C., Izzetoglu, M., Izzetoglu, K., Onaral, B. y Pourrezaei, K. (2006). Functional near-infrared spectroscopy. *IEEE engineering in medicine and biology magazine*, 25(4), 54-62. doi: 10.1109/MEMB.2006.1657788
- Buss, A. H. y Perry, M. (1992). The aggression questionnaire. *Journal of personality and social psychology*, 63(3), 452. doi: 10.1037//0022-3514.63.3.452
-

-
- Cahn-Weiner, D. A., Boyle, P. A. y Malloy, P. F. (2002). Tests of executive function predict instrumental activities of daily living in community-dwelling older individuals. *Applied neuropsychology*, 9(3), 187-191. doi: 10.1207/S15324826AN0903_8
- Canli, T. (2004). Functional brain mapping of extraversion and neuroticism: learning from individual differences in emotion processing. *Journal of personality*, 72(6), 1105-1132. doi: 10.1111/j.1467-6494.2004.00292.x
- Canli, T., Zhao, Z., Desmond, J. E., Kang, E., Gross, J. y Gabrieli, J. D. (2001). An fMRI study of personality influences on brain reactivity to emotional stimuli. *Behavioral neuroscience*, 115(1), 33. doi: 10.1037/0735-7044.115.1.33
- Cannon, W. B. (1927). The James-Lange theory of emotions: A critical examination and an alternative theory. *The American journal of psychology*, 39(1/4), 106-124. doi: 10.2307/1415404
- Caprara, G. V., Barbaranelli, C., Borgogni, L. y Perugini, M. (1993). The "Big Five Questionnaire": A new questionnaire to assess the five factor model. *Personality and Individual Differences*, 15(3), 281-288. doi: 10.1016/0191-8869(93)90218-R
- Carballedo, A., Scheuerecker, J., Meisenzahl, E., Schoepf, V., Bokde, A., Möller, H. J., ... y Frodl, T. (2011). Functional connectivity of emotional processing in depression. *Journal of affective disorders*, 134(1-3), 272-279. doi: 10.1016/j.jad.2011.06.021
- Carlson, J. M., Reinke, K. S. y Habib, R. (2009). A left amygdala mediated network for rapid orienting to masked fearful faces. *Neuropsychologia*, 47(5), 1386-1389. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2009.01.026
- Carretié Aranguena, L. (2011). *Anatomía de la mente - Emoción, cognición y cerebro*. Madrid: Pirámide.
- Carver, C. S. y White, T. L. (1994). Behavioral inhibition, behavioral activation, and affective responses to impending reward and punishment: The BIS/BAS Scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 67(2), 319-333. doi: 10.1037/0022-3514.67.2.319
-

- Catani, M., Dell'Acqua, F. y De Schotten, M. T. (2013). A revised limbic system model for memory, emotion and behaviour. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(8), 1724-1737. doi: 10.1016/j.neubiorev.2013.07.001
- Cattell, R. B. (1943). The description of personality: Basic traits resolved into clusters. *The journal of abnormal and social psychology*, 38(4), 476. doi: 10.1037/h0054116
- Cattell, R. B. (1946). *Description and measurement of personality*. World Book Company.
- Cattell, R. B. (1949). *Sixteen Personality Factor Questionnaire*. Champaign, IL: Institute for Personality and Ability Testing, Inc.
- Cattell, R. B. (1973). *Personality and mood by questionnaire*. Jossey-Bass.
- Cattell, R. B., Cattell, A. K. y Cattell, H. E. P. (1993). 16PF Fifth Edition Questionnaire. *Champaign, IL: Institute for Personality and Ability Testing*.
- Cattell, R. B., Coan, R. W. y Beloff, H. (1958). A re-examination of personality structure in late childhood, and development of the High School Personality Questionnaire. *The Journal of Experimental Education*, 27(2), 73-88.
- Cattell, R. B., Eber, H. W. y Tatsuoka, M. M. (1970). *Handbook for the sixteen personality factor questionnaire (16 PF): In clinical, educational, industrial, and research psychology, for use with all forms of the test*. Institute for Personality and Ability Testing.
- Chai, W.J., Abd Hamid, A.I. y Abdullah, J.M. (2018). Working memory from the psychological and neurosciences perspectives: A review. *Frontiers in Psychology*, 9, 401. doi: 10.3389/fpsyg.2018.00401
- Chance, B., Anday, E., Nioka, S., Zhou, S., Hong, L., Worden, K., ... y Thomas, R. (1998). A novel method for fast imaging of brain function, non-invasively, with light. *Optics express*, 2(10), 411-423. doi: 10.1364/oe.2.000411
- Chance, B., Zhuang, Z., UnAh, C., Alter, C. y Lipton, L. (1993). Cognition-activated low-frequency modulation of light absorption in human brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 90(8), 3770-3774. doi: 10.1073/pnas.90.8.3770
-

-
- Clark, L. A. y Watson, D. (2008). Temperament: An organizing paradigm for trait psychology. En O. P. John, R. W. Robinsy L. A. Pervin (Eds.), *Handbook of personality: Theory and research* (p. 265–286). The Guilford Press.
- Cloninger, C. R. (1986). A unified biosocial theory of personality and its role in the development of anxiety states. *Psychiatric developments*, 3(2), 167-226.
- Cloninger, C. R. (1991). D2 dopamine receptor gene is associated but not linked with alcoholism. *Jama*, 266(13), 1833-1834.
- Cloninger, C. R. (1999). *The Temperament and Character Inventory—Revised*. St Louis, MO: Center for Psychobiology of Personality, Washington University.
- Cloninger, C. R. (2004). *Feeling good: the science of well-being*. Oxford University Press. doi: 10.1192/bjp.186.2.171-a
- Cloninger, C. R. (2008). The psychobiological theory of temperament and character: Comment on Farmer and Goldberg. *Psychological Assessment*, 20, 292-299. doi: 10.1037/a0012933
- Cloninger, C. R., Przybeck, T. R., Svrakic, D. M. y Wetzell, R. D. (1994). *The Temperament and Character Inventory (TCI): A guide to its development and use*. St. Louis, MO: Center for Psychobiology of Personality, Washington University.
- Cloninger, C. R., Svrakic, D. M. y Przybeck, T. R. (1998). A psychobiological model of temperament and character. *The development of psychiatry and its complexity*, 50(12), 1-16. doi: 10.1001/archpsyc.1993.01820240059008
- Coan, J. A. y Allen, J. J. (2004). Frontal EEG asymmetry as a moderator and mediator of emotion. *Biological psychology*, 67(1-2), 7-50. doi: 10.1016/j.biopsycho.2004.03.002
- Coan, R. W. y Cattell, R. B. (1959). The development of the Early School Personality Questionnaire. *Journal of Experimental Education*, 28, 143-152.
- Coan, R. W. y Cattell, R. B. (1966). Early School Personality Questionnaire: Form a. Institute for personality and ability testing.
-

- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Second Edition. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers
- Cohen, J.D., Perlstein, W.M., Braver, T.S., Nystrom, L.E., Noll, D.C., Jonides, J. y Smith, E.E. (1997). Temporal dynamics of brain activation during a working memory task. *Nature*, 386(6625), 604. doi: 10.1038/386604a0
- Connolly, K. R., Helmer, A., Cristancho, M. A., Cristancho, P. y O'Reardon, J. P. (2012). Effectiveness of transcranial magnetic stimulation in clinical practice post-FDA approval in the United States: results observed with the first 100 consecutive cases of depression at an academic medical center. *Journal of Clinical Psychiatry*, 73(4), e567-e573. doi: 10.4088/JCP.11m07413
- Constantinidis, C. y Klingberg, T. (2016). The neuroscience of working memory capacity and training. *Nature Reviews Neuroscience*, 17(7), 438. doi: 10.1038/nrn.2016.43
- Corr, P. J. (2004). Reinforcement sensitivity theory and personality. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 28(3), 317-332. doi: 10.1016/j.neubiorev.2004.01.005
- Corr, P. J. (2008). Reinforcement Sensitivity Theory (RST): Introduction. En P. J. Corr (Ed.), *The reinforcement sensitivity theory of personality* (pp. 1-43). New York, NY, US: Cambridge University Press. doi: 10.1017/CBO9780511819384.002
- Corr, P. J. (2010). Automatic and controlled processes in behavioural control: Implications for personality psychology. *European Journal of Personality*, 24(5), 376-403. doi: 10.1002/per.779
- Corr, P. J. y Cooper, A. J. (2016). The Reinforcement Sensitivity Theory of Personality Questionnaire (RST-PQ): Development and validation. *Psychological Assessment*, 28(11), 1427-1440. doi: 10.1037/pas0000273
- Costa, P. T. y McCrae, R. R. (1985). *The NEO Personality Inventory*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.
- Costa, P. T. y McCrae, R. R. (1992). Normal personality assessment in clinical practice, the NEO Personality Inventory. *Psychological Assessment*, 4, 5-13.
-

-
- Costa, P. T., Jr. y McCrae, R. R. (2008). The Revised NEO Personality Inventory (NEO-PI-R). En G. J. Boyle, G. Matthews y D. H. Saklofske (Eds.), *The SAGE handbook of personality theory and assessment, Vol. 2. Personality measurement and testing* (p. 179–198). Sage Publications, Inc. doi: 10.4135/9781849200479.n9
- Cremers, H. R., Demenescu, L. R., Aleman, A., Renken, R., van Tol, M. J., van der Wee, N. J., ... y Roelofs, K. (2010). Neuroticism modulates amygdala—prefrontal connectivity in response to negative emotional facial expressions. *Neuroimage*, 49(1), 963-970. doi: 10.1016/j.neuroimage.2009.08.023
- Critchley, H. D., Rotshtein, P., Nagaiy., O'doherty, J., Mathias, C. J. y Dolan, R. J. (2005). Activity in the human brain predicting differential heart rate responses to emotional facial expressions. *Neuroimage*, 24(3), 751-762. doi: 10.1016/j.neuroimage.2004.10.013
- Cui X., Bray S., Bryant D. M., Glover G. H. y Reiss A. L. (2011). A quantitative comparison of NIRS and fMRI across multiple cognitive tasks. *Neuroimage* 54, 2808–2821. doi: 10.1016/j.neuroimage.2010.10.069
- Cui, X., Bray, S. y Reiss, A. L. (2010). Speeded near infrared spectroscopy (NIRS) response detection. *PLoS one*, 5(11), e15474. doi: 10.1371/journal.pone.0015474
- Cutini, S., Moro, S. B. y Bisconti, S. (2012). Functional near infrared optical imaging in cognitive neuroscience: an introductory review. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 20(1), 75-92. doi: 10.1255/jnirs.969
- D'Esposito, M., Aguirre, G.K., Zarahn, E., Ballard, D., Shin, R.K., Lease, J. (1998). Functional MRI studies of spatial and nonspatial working memory. *Cognitive Brain Research*, 7(1), 1-13. doi: 10.1016/S0926-6410(98)00004-4
- Daitzman, R. y Zuckerman, M. (1980). Disinhibitory sensation seeking, personality and gonadal hormones. *Personality and Individual Differences*, 1(2), 103-110. doi: 10.1016/0191-8869(80)90027-6
- Dalgleish, T. (2004). The emotional brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 5(7), 583. doi: 10.1038/nrn1432
-

- Damasio, H., Grabowski, T., Frank, R., Galaburda, A. M. y Damasio, A. R. (1994). The return of Phineas Gage: clues about the brain from the skull of a famous patient. *Science*, 264(5162), 1102-1105. doi: 10.1126/science.8178168
- Dan-Glauser, E. S. y Scherer, K. R. (2011). The Geneva affective picture database (GAPED): a new 730-picture database focusing on valence and normative significance. *Behavior research methods*, 43(2), 468. doi: 10.3758/s13428-011-0064-1
- Darwin, C. (1872). *The Expression of the Emotions in Man and Animals*.
- Davidson, R. J. y Irwin, W. (1999). The functional neuroanatomy of emotion and affective style. *Trends in cognitive sciences*, 3(1), 11-21. doi: 10.1016/s1364-6613(98)01265-0
- Davidson, R. J., Ekman, P., Saron, C. D., Senulis, J. A. y Friesen, W. V. (1990). Approach-withdrawal and cerebral asymmetry: emotional expression and brain physiology: I. *Journal of personality and social psychology*, 58(2), 330. doi: 10.1037/0022-3514.58.2.330
- Davies, D. J., Clancy, M., Lighter, D., Balanos, G. M., Lucas, S. J. E., Dehghani, H., ... y Belli, A. (2017). Frequency-domain vs continuous-wave near-infrared spectroscopy devices: a comparison of clinically viable monitors 4in controlled hypoxia. *Journal of clinical monitoring and computing*, 31(5), 967-974. doi: 10.1007/s10877-016-9942-5
- Davis, M. y Lang, P. J. (2003). Emotion. En: Gallagher, M., Nelson, R. J., Weiner, I.B. (Eds.), *Handbook of Psychology*, vol. 3. John Wiley, New York, pp. 405 – 439
- De Pascalis, V., Valerio, E., Santoro, M. y Cacace, I. (2007). Neuroticism-anxiety, impulsive-sensation seeking and autonomic responses to somatosensory stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 63(1), 16-24. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2006.06.004
- De Raedt, R. y Koster, E. H. (2010). Understanding vulnerability for depression from a cognitive neuroscience perspective: A reappraisal of attentional factors and a new conceptual framework. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 10(1), 50-70. doi: 10.3758/cabn.10.1.50
- de Saint-Exupéry, A. (1943). *El Principito: Le Petit Prince*.
-

-
- Deák, A., Csenki, L. y Révész, G. (2010). Hungarian ratings for the International Affective Picture System (IAPS): A cross-cultural comparison. *Empirical Text and Culture Research*, 4, 90-101.
- Delpy, D. T., Cope, M., van der Zee, P., Arridge, S. R., Wray, S. y Wyatt, J. S. (1988). Estimation of optical pathlength through tissue from direct time of flight measurement. *Physics in Medicine & Biology*, 33(12), 1433. doi: 10.1088/0031-9155/33/12/008
- Demenescu, L. R., Kortekaas, R., den Boer, J. A. y Aleman, A. (2010). Impaired attribution of emotion to facial expressions in anxiety and major depression. *PLoS one*, 5(12), e15058. doi: 10.1371/journal.pone.0015058
- Demirel, H., Yesilbas, D., Ozver, I., Yuksek, E., Sahin, F., Aliustaoglu, S. y Emul, M. (2014). Psychopathy and facial emotion recognition ability in patients with bipolar affective disorder with or without delinquent behaviors. *Comprehensive psychiatry*, 55(3), 542-546. doi: 10.1016/j.comppsy.2013.11.022
- D'Esposito, M., Postle, B.R. y Rypma, B. (2000). Prefrontal cortical contributions to working memory: evidence from event-related fMRI studies. *Experimental Brain Research*, 133(1), 3-11. doi: 10.1007/978-3-642-59794-7_2
- DeYoung, C. G. (2010). Mapping personality traits onto brain systems: BIS, BAS, FFFS and beyond. *European Journal of Personality*, 24(5), 404-422. doi: 10.1177/0956797610370159
- DeYoung, C. G., Hirsh, J. B., Shane, M. S., Papademetris, X., Rajeevan, N. y Gray, J. R. (2010). Testing predictions from personality neuroscience: Brain structure and the big five. *Psychological science*, 21(6), 820-828. doi: 10.1177/0956797610370159
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135-168. doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143750
- Digman, J. M. (2002). Historical antecedents of the five-factor model. En P. T. Costa, Jr. y T. A. Widiger (Eds.), *Personality disorders and the five-factor model of personality* (p. 17-22). American Psychological Association. doi: 10.1037/10423-002
-

-
- Dimberg, U., Thunberg, M. y Elmehed, K. (2000). Unconscious facial reactions to emotional facial expressions. *Psychological science*, 11(1), 86-89. doi: 10.1111/1467-9280.00221
- Dixon, M. L., Thiruchselvam, R., Todd, R. y Christoff, K. (2017). Emotion and the prefrontal cortex: An integrative review. *Psychological bulletin*, 143(10), 1033. doi: 10.1037/bul0000096
- Dolan, R. J. y Vuilleumier, P. (2003). Amygdala automaticity in emotional processing. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 985(1), 348-355. doi: 10.1111/j.1749-6632.2003.tb07093.x
- Drač, S., Efendić, E., Kusturica, M. y Landžo, L. (2013). Cross-cultural validation of the "International Affective Picture System"(IAPS) on a sample from Bosnia and Herzegovina. *Psihologija*, 46(1), 17-26.
- Dyck, M., Loughead, J., Kellermann, T., Boers, F., Gur, R. C. y Mathiak, K. (2011). Cognitive versus automatic mechanisms of mood induction differentially activate left and right amygdala. *Neuroimage*, 54(3), 2503-2513. doi: 10.1016/j.neuroimage.2010.10.013
- Ebstein, R. P., Benjamin, J. y Belmaker, R. H. (2000). Personality and polymorphisms of genes involved in aminergic neurotransmission. *European journal of pharmacology*, 410(2-3), 205-214. doi: 10.1016/s0014-2999(00)00852-9
- Ebstein, R. P., Novick, O., Umansky, R., Priel, B., Oshery., Blaine, D., ... y Belmaker, R. H. (1996). Dopamine D4 receptor (D4DR) exon III polymorphism associated with the human personality trait of novelty seeking. *Nature genetics*, 12(1), 78. doi: 10.1038/ng0196-78
- Edin, F., Klingberg, T., Johansson, P., McNab, F., Tegnér, J. y Compte, A. (2009). Mechanism for top-down control of working memory capacity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(16), 6802-6807. doi: 10.1073/pnas.0901894106
- Eisenberger, N. I., Lieberman, M. D. y Satpute, A. B. (2005). Personality from a controlled processing perspective: an fMRI study of neuroticism, extraversion, and self-consciousness. *Cognitive, Affective y Behavioral Neuroscience*, 5(2), 169-181. doi: 10.3758/CABN.5.2.169
-

-
- Ekman, P. (1971). Universals and cultural differences in facial expressions of emotion. En *Nebraska symposium on motivation*. University of Nebraska Press.
- Ekman, P. (1993). Facial expression and emotion. *American Psychologist*, 48(4), 384–392. doi: 10.1037/0003-066X.48.4.384
- Ekman, P. y Friesen, W. V. (1969). The repertoire of nonverbal behavior: Categories, origins, usage, and coding. *Semiotica*, 1(1), 49-98. doi: 10.1515/semi.1969.1.1.49
- Ekman, P. y Friesen, W. V. (1976). Pictures of facial affect. *Consulting Psychologists Press*.
- Elliott, R. (1974). The motivational significance of heart rate. En P. A. Obrist, A. H. Black, J. Brenery L. V. DiCara (Eds.), *Cardiovascular psychophysiology: Current issues in response mechanisms, biofeedback and methodology* (p. 505–537). AldineTransaction.
- Engle, R.W. (2002). Working memory capacity as executive attention. *Current Directions in Psychological Science*, 11(1), 19-23. doi: 10.1111/1467-8721.00160
- Ettinger, U., Corr, P. J., Mofidi, A., Williams, S. C. y Kumari, V. (2013). Dopaminergic basis of the psychosis-prone personality investigated with functional magnetic resonance imaging of procedural learning. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 130. doi: 10.3389/fnhum.2013.00130
- Eysenck, H. J. (1947). *Dimensions of personality*. Londres: Routledge y Kegan Paul.
- Eysenck, H. J. (1964). *Crime and personality*. Oxford, England: Houghton Mifflin Co.
- Eysenck, H. J. (1967). *The Biological Basis of Personality*. Springfield, MA: C. C, Thomas
- Eysenck, H. J. (1979). Crime and personality. *Medico-Legal Journal*, 47(1), 18-32. doi: 10.1177/002581727904700104
- Eysenck, H. J. (1990). Biological dimensions of personality. En E. Pervin (Ed.), *Handbook of personality* (pp. 244–276). New York: Guilford Press.
-

- Eysenck, H. J. (1991). Dimensions of personality: 16, 5 or 3? —Criteria for a taxonomic paradigm. *Personality and individual differences*, 12(8), 773-790. doi: 10.1016/0191-8869(91)90144-Z
- Eysenck, H. J. (1997). Addiction, personality and motivation. *Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental*, 12(S2), S79-S87.
- Eysenck, H. J. y Eysenck, S. B. G. (1994). *Manual of the Eysenck personality questionnaire : (EPQ-R adult)*. EdITS/Educational and Industrial Testing Service.
- Eysenck, H. J. y Eysenck, S. B. (1976). *Eysenck personality questionnaire*. Educational and industrial testing service.
- Eysenck, H. J. y Eysenck, S. B. G. (1975). *Manual of the Eysenck Personality Questionnaire (Junior and Adult)*. Kent, UK: Hodder & Stoughton
- Eysenck, M. W., Derakshan, N., Santos, R. y Calvo, M. G. (2007). Anxiety and cognitive performance: attentional control theory. *Emotion*, 7(2), 336. doi: 10.1037/1528-3542.7.2.336
- Eysenck, S. B., Eysenck, H. J. y Barrett, P. (1985). A revised version of the psychoticism scale. *Personality and individual differences*, 6(1), 21-29. doi: 10.1016/0191-8869(85)90026-1
- Fanselow, M. S. y Poulos, A. M. (2005). The neuroscience of mammalian associative learning. *Annual. Review of Psychology.*, 56, 207-234. doi: 10.1146/annurev.psych.56.091103.070213
- Fehr, F. S. y Stern, J. A. (1970). Peripheral physiological variables and emotion: the James-Lange theory revisited. *Psychological Bulletin*, 74(6), 411. doi: 10.1037/h0032958
- Fekete, T., Beacher, F. D., Cha, J., Rubin, D. y Mujica-Parodi, L. R. (2014). Small-world network properties in prefrontal cortex correlate with predictors of psychopathology risk in young children: A NIRS study. *NeuroImage*, 85, 345-353. doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.07.022
- Ferrari, M. y Quaresima, V. (2012). A brief review on the history of human functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) development and fields of application. *Neuroimage*, 63(2), 921-935. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.03.049
-

-
- Fiske, D. W. (1949). Consistency of the factorial structures of personality ratings from different sources. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 44(3), 329. doi: 10.1037/h0057198
- fNIR Devices, L. L. C. (2013). fNIR imager & COBI Studio manual. Potomac, MD: Author.
- Fowler, C. J., von Knorring, L. y Oreland, L. (1980). Platelet monoamine oxidase activity in sensation seekers. *Psychiatry Research*, 3(3), 273-279. doi: 10.1016/0165-1781(80)90057-8
- Fowles, D. C. (1980). The three arousal model: Implications of Gray's two-factor learning theory for heart rate, electrodermal activity, and psychopathy. *Psychophysiology*, 17(2), 87-104. doi: 10.1111/j.1469-8986.1980.tb00117.x
- Fox, M. D., Halko, M. A., Eldaief, M. C. y Pascual-Leone, A. (2012). Measuring and manipulating brain connectivity with resting state functional connectivity magnetic resonance imaging (fcMRI) and transcranial magnetic stimulation (TMS). *Neuroimage*, 62(4), 2232-2243. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.03.035
- Friedman, N. P., Miyake, A., Young, S. E., DeFries, J. C., Corley, R. P. y Hewitt, J. K. (2008). Individual differences in executive functions are almost entirely genetic in origin. *Journal of experimental psychology: General*, 137(2), 201. doi: 10.1037/0096-3445.137.2.201
- Frijda, N. H. (1986). *Studies in emotion and social interaction. The emotions*. Cambridge University Press; Editions de la Maison des Sciences de l'Homme.
- Fuentes-Claramonte, P., Ávila, C., Rodríguez-Pujadas, A., Ventura-Campos, N., Bustamante, J. C., Costumero, V., ... y Barrós-Loscertales, A. (2015). Reward sensitivity modulates brain activity in the prefrontal cortex, ACC and striatum during task switching. *PloS one*, 10(4), e0123073. doi: 10.1371/journal.pone.0123073
- Fulker, D. W., Eysenck, S. B. y Zuckerman, M. (1980). A genetic and environmental analysis of sensation seeking. *Journal of Research in Personality*, 14(2), 261-281. doi: 10.1016/0092-6566(80)90033-1
- Fusar-Poli, P., Placentino, A., Carletti, F., Allen, P., Landi, P., Abbamonte, M., ... y Politi, P. L. (2009). Laterality effect on emotional faces processing:
-

ALE meta-analysis of evidence. *Neuroscience letters*, 452(3), 262-267.
doi: 10.1016/j.neulet.2009.01.065

Fuster, J. M. (2014). *Cerebro y Libertad*. Barcelona. *Ariel*.

Gantiva, C. A., Guerra, P. y Vila, J. (2011). Validación colombiana del sistema internacional de imágenes afectivas: evidencias del origen transcultural de la emoción. *Acta Colombiana de Psicología*, 14(2), 103-111.

Garcia, D., Lester, N., Cloninger, K. M. y Robert Cloninger, C. (2017). Temperament and Character Inventory (TCI). *Encyclopedia of personality and individual differences*, 1-3. doi: 10.1007/978-3-319-28099-8_91-1

Gardini, S., Cloninger, C. R. y Venneri, A. (2009). Individual differences in personality traits reflect structural variance in specific brain regions. *Brain research bulletin*, 79(5), 265-270. doi: 10.1016/j.brainresbull.2009.03.005

Garvey, M. J., Noyes Jr, R., Cook, B. y Blum, N. (1996). Preliminary confirmation of the proposed link between reward-dependence traits and norepinephrine. *Psychiatry research*, 65(1), 61-64. doi: 10.1016/0165-1781(96)02954-x

Gellhorn, E. y Loofbourrow, G. N. (1963). *Emotions and emotional disorders: A neurophysiological study*. New York. Harper & Row.

Gentili, C., Gobbin, M. I., Ricciardi, E., Vanello, N., Pietrini, P., Haxby, J. V. y Guazzelli, M. (2008). Differential modulation of neural activity throughout the distributed neural system for face perception in patients with Social Phobia and healthy subjects. *Brain Research Bulletin*, 77(5), 286-292. doi: 10.1016/j.brainresbull.2008.08.003

Ghashghaei, H. T., Hilgetag, C. C. y Barbas, H. (2007). Sequence of information processing for emotions based on the anatomic dialogue between prefrontal cortex and amygdala. *Neuroimage*, 34(3), 905-923. doi: 10.1016/j.neuroimage.2006.09.046

Glotzbach, E., Mühlberger, A., Gschwendtner, K., Fallgatter, A. J., Pauli, P. y Herrmann, M. J. (2011). Prefrontal brain activation during emotional processing: a functional near infrared spectroscopy study (fNIRS). *The*

-
- open neuroimaging journal*, 5, 33. doi: 10.2174/1874440001105010033
- Gobet, F., Lane, P. C., Croker, S., Cheng, P. C., Jones, G., Oliver, I. y Pine, J. M. (2001). Chunking mechanisms in human learning. *Trends in cognitive sciences*, 5(6), 236-243. doi: 10.1016/s1364-6613(00)01662-4
- Goldberg, L. R. (1982). From ace to zombie, some explorations in the language of personality. En C.D. Spielberg y J.N. Butche (Eds.), *Advances in personality assessment*. Vol. 1. (pp. 203-234). Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Gottesman, I. I. yGould, T. D. (2003). The endophenotype concept in psychiatry: etymology and strategic intentions. *American Journal of Psychiatry*, 160(4), 636-645. doi: 10.1176/appi.ajp.160.4.636
- Grant, D. A. y Berg, E. (1948). A behavioral analysis of degree of reinforcement and ease of shifting to new responses in a Weigl-type card-sorting problem. *Journal of experimental psychology*, 38(4), 404. doi: 10.1037/h0059831
- Gray, J. A. (1970). The psychophysiological basis of introversion-extraversion. *Behaviour research and therapy*, 8(3), 249-266. doi: 10.1016/0005-7967(70)90069-0
- Gray, J. A. (1972). Learning theory, the conceptual nervous system and personality. In: Nebylitsyn VD, Gray JA, editors. *The biological bases of individual behaviour*. New York: Academic Press; 1972. p.372-99
- Gray, J. A. (1981). A critique of Eysenck's theory of personality. En *A model for personality* (pp. 246-276). Springer, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-642-67783-0_8
- Gray, J. A. (1982). *Oxford psychology series. The neuropsychology of anxiety: An enquiry into the functions of the septo-hippocampal system*. Clarendon Press/Oxford University Press.
- Gray, J. A. (1987). *Problems in the behavioural sciences, Vol. 5. The psychology of fear and stress (2nd ed.)*. Cambridge University Press.
- Gray, J. A. (1990). Brain systems that mediate both emotion and cognition. *Cognition & emotion*, 4(3), 269-288. doi: 10.1080/02699939008410799
-

- Gray, J. R. y Braver, T. S. (2002). Personality predicts working-memory—related activation in the caudal anterior cingulate cortex. *Cognitive, Affective y Behavioral Neuroscience*, 2(1), 64-75. doi: 10.3758/CABN.2.1.64
- Gray, J. R., Burgess, G. C., Schaefer, A.yarkoni, T., Larsen, R. J. y Braver, T. S. (2005). Affective personality differences in neural processing efficiency confirmed using fMRI. *Cognitive, Affective y Behavioral Neuroscience*, 5(2), 182-190. doi: 10.3758/cabn.5.2.182
- Gross, J. J. (1998). The emerging field of emotion regulation: An integrative review. *Review of general psychology*, 2(3), 271-299. doi: 10.1037/1089-2680.2.3.271
- Gross, J. J. y Jazaieri, H. (2014). Emotion, emotion regulation, and psychopathology: An affective science perspective. *Clinical Psychological Science*, 2(4), 387-401. doi: 10.1177/2167702614536164
- Gross, J. J. y John, O. P. (2003). Individual differences in two emotion regulation processes: implications for affect, relationships, and well-being. *Journal of personality and social psychology*, 85(2), 348. doi: 10.1037/0022-3514.85.2.348
- Guerra, P., Sánchez-Adam, A., Anllo-Vento, L., Ramírez, I. y Vila, J. (2012). Viewing loved faces inhibits defense reactions: a health-promotion mechanism?. *PloS one*, 7(7), e41631. doi: 10.1371/journal.pone.0041631
- Gundel, F., von Spee, J., Schneider, S., Haeussinger, F. B., Hautzinger, M., Erb, M., ... y Ehlis, A. C. (2018). Meditation and the brain—Neuronal correlates of mindfulness as assessed with near-infrared spectroscopy. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 271, 24-33. doi: 10.1016/j.pscychresns.2017.04.002
- Haas, B. W., Constable, R. T. y Canli, T. (2008). Stop the sadness: Neuroticism is associated with sustained medial prefrontal cortex response to emotional facial expressions. *Neuroimage*, 42(1), 385-392. doi: 10.1016/j.brainresrev.2007.10.014
- Haas, B. W., Omura, K., Constable, R. T. y Canli, T. (2007). Emotional conflict and neuroticism: personality-dependent activation in the amygdala
-

-
- and subgenual anterior cingulate. *Behavioral neuroscience*, 121(2), 249. doi: 10.1037/0735-7044.121.2.249
- Hakun, J. G. y Johnson, N. F. (2017). Dynamic range of frontoparietal functional modulation is associated with working memory capacity limitations in older adults. *Brain and cognition*, 118, 128-136. doi: 10.1016/j.bandc.2017.08.007
- Haley, K. L., Womack, J. L., Harmon, T. G. y Williams, S. W. (2015). Visual analog rating of mood by people with aphasia. *Topics in stroke rehabilitation*, 22(4), 239-245. doi: 10.1179/1074935714Z.0000000009
- Hamann, S. (2005). Blue genes: wiring the brain for depression. *Nature neuroscience*, 8(6), 701. doi: 10.1038/nn0605-701
- Hamann, S. y Canli, T. (2004). Individual differences in emotion processing. *Current opinion in neurobiology*, 14(2), 233-238. doi: 10.1016/j.conb.2004.03.010
- Harenski, C. L., Kim, S. H. y Hamann, S. (2009). Neuroticism and psychopathy predict brain activation during moral and nonmoral emotion regulation. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 9(1), 1-15. doi: 10.3758/CABN.9.1.1
- Harmon-Jones, E. (2004). On the relationship of frontal brain activity and anger: Examining the role of attitude toward anger. *Cognition and Emotion*, 18(3), 337-361. doi: 10.1080/02699930341000059
- Harmon-Jones, E. y Allen, J. J. (1998). Anger and frontal brain activity: EEG asymmetry consistent with approach motivation despite negative affective valence. *Journal of personality and social psychology*, 74(5), 1310. doi: 10.1037/0022-3514.74.5.1310
- Harmon-Jones, E., Gable, P. A. y Peterson, C. K. (2010). The role of asymmetric frontal cortical activity in emotion-related phenomena: A review and update. *Biological psychology*, 84(3), 451-462. doi: 10.1016/j.biopsycho.2009.08.010
- Haxby, J. V. y Gobbini, M. I. (2010). Distributed neural systems for face perception. En J. Haxby, A. Calder, M. Johnson y G. Rhodes (Eds.), *The Oxford handbook of face*
-

perception (pp. 93– 110). Cambridge, UK: Oxford University Press.
doi: 10.1093/oxfordhb/9780199559053.001.0001

Heller, A. S., Johnstone, T., Peterson, M. J., Kolden, G. G., Kalin, N. H. y Davidson, R. J. (2013). Increased prefrontal cortex activity during negative emotion regulation as a predictor of depression symptom severity trajectory over 6 months. *JAMA psychiatry*, *70*(11), 1181-1189. doi: 10.1001/jamapsychiatry.2013.2430

Herrmann, M. J., Ehlis, A. C. y Fallgatter, A. J. (2003). Frontal activation during a verbal-fluency task as measured by near-infrared spectroscopy. *Brain Research Bulletin*, *61*(1), 51-56. doi: 10.1016/s0361-9230(03)00066-2

Hess, A., Stiller, D., Kaulisch, T., Heil, P. y Scheich, H. (2000). New insights into the hemodynamic blood oxygenation level-dependent response through combination of functional magnetic resonance imaging and optical recording in gerbil barrel cortex. *Journal of Neuroscience*, *20*(9), 3328-3338. doi: 10.1523/JNEUROSCI.20-09-03328.2000

Hirano, J., Takamiya, A., Yamagata, B., Hotta, S., Miyasaka, Y., Pu, S., ... y Mimura, M. (2017). Frontal and temporal cortical functional recovery after electroconvulsive therapy for depression: A longitudinal functional near-infrared spectroscopy study. *Journal of psychiatric research*, *91*, 26-35. doi: 10.1016/j.jpsychires.2017.02.018

Hock, C., Villringer, K., Müller-Spahn, F., Wenzel, R., Heekeren, H., Schuh-Hofer, S., ... y Villringer, A. (1997). Decrease in parietal cerebral hemoglobin oxygenation during performance of a verbal fluency task in patients with Alzheimer's disease monitored by means of near-infrared spectroscopy (NIRS)—correlation with simultaneous rCBF-PET measurements. *Brain research*, *755*(2), 293-303. doi: 10.1016/s0006-8993(97)00122-4

Holmes, A. J., Hollinshead, M. O., Roffman, J. L., Smoller, J. W. y Buckner, R. L. (2016). Individual differences in cognitive control circuit anatomy link sensation seeking, impulsivity, and substance use. *Journal of neuroscience*, *36*(14), 4038-4049. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3206-15.2016

-
- Hori, H., Ozeki, Y., Terada, S. y Kunugi, H. (2008). Functional near-infrared spectroscopy reveals altered hemispheric laterality in relation to schizotypy during verbal fluency task. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 32(8), 1944-1951. doi: 10.1016/j.pnpbp.2008.09.019
- Horvat, M. (2017). A Brief Overview of Affective Multimedia Databases. En *Central European Conference on Information and Intelligent Systems* (pp. 3-9). Faculty of Organization and Informatics Varazdin.
- Hoshi, Y. y Tamura, M. (1993a). Dynamic multichannel near-infrared optical imaging of human brain activity. *Journal of Applied Physiology*, 75(4), 1842-1846. doi: 10.1152/jappl.1993.75.4.1842
- Hoshi, Y. y Tamura, M. (1993b). Detection of dynamic changes in cerebral oxygenation coupled to neuronal function during mental work in man. *Neuroscience letters*, 150(1), 5-8. doi: 10.1016/0304-3940(93)90094-2
- Hoshi, Y., Huang, J., Kohri, S., Iguchi, Y., Naya, M., Okamoto, T. y Ono, S. (2011). Recognition of human emotions from cerebral blood flow changes in the frontal region: a study with event-related near-infrared spectroscopy. *Journal of Neuroimaging*, 21(2), e94-e101. doi: 10.1111/j.1552-6569.2009.00454.x
- Hoshi, Y., Onoe, H., Watanabe, Y., Andersson, J., Bergström, M., Lilja, A., ... y Tamura, M. (1994). Non-synchronous behavior of neuronal activity, oxidative metabolism and blood supply during mental tasks in man. *Neuroscience letters*, 172(1-2), 129-133. doi: 10.1016/0304-3940(94)90679-3
- Hu, Y., Moore, M., Bertels, Z., Phan, K. L., Dolcos, F. y Dolcos, S. (2017). Smaller amygdala volume and increased neuroticism predict anxiety symptoms in healthy subjects: A volumetric approach using manual tracing. *Neuropsychologia*. In Press doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2017.11.008
- Huber, T. J., Tettenborn, C., Leifke, E. y Emrich, H. M. (2005). Sex hormones in psychotic men. *Psychoneuroendocrinology*, 30(1), 111-114. doi: 10.1016/j.psyneuen.2004.05.010
-

- Huppert, T. J., Hoge, R. D., Diamond, S. G., Franceschini, M. A. y Boas, D. A. (2006). A temporal comparison of BOLD, ASL, and NIRS hemodynamic responses to motor stimuli in adult humans. *Neuroimage*, 29(2), 368-382. doi: 10.1016/j.neuroimage.2005.08.065
- Ikeda, H., Ikeda, E., Shiozaki, K. y Hirayasu, Y. (2014). Association of the five-factor personality model with prefrontal activation during frontal lobe task performance using two-channel near-infrared spectroscopy. *Psychiatry and clinical neurosciences*, 68(10), 752-758. doi: 10.1111/pcn.12190
- Indovina, I., Robbins, T. W., Núñez-Elizalde, A. O., Dunn, B. D. y Bishop, S. J. (2011). Fear-conditioning mechanisms associated with trait vulnerability to anxiety in humans. *Neuron*, 69(3), 563-571. doi: 10.1016/j.neuron.2010.12.034
- Ito, M., Fukuda, M., Suto, T., Uehara, T. y Mikuni, M. (2005). Increased and decreased cortical reactivities in novelty seeking and persistence. *Neuropsychobiology*, 52(1), 45-54. doi: 10.1159/000086177
- Iwanami, A., Okajima, Y., Ota, H., Tani, M., Yamada, T., Hashimoro, R., ... y Kato, N. (2011). Task dependent prefrontal dysfunction in persons with Asperger's disorder investigated with multi-channel near-infrared spectroscopy. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5(3), 1187-1193. doi: 10.1016/j.rasd.2011.01.005
- Izard, C. E. (1971). *The face of emotion*. Appleton-Century-Crofts.
- Izard, C. E. (1990). Facial expressions and the regulation of emotions. *Journal of personality and social psychology*, 58(3), 487. doi: 10.1037//0022-3514.58.3.487
- Izzetoglu, K., Ayaz, H., Merzagora, A., Izzetoglu, M., Shewokis, P. A., Bunce, S. C., ... y Onaral, B. (2011). The evolution of field deployable fNIR spectroscopy from bench to clinical settings. *Journal of Innovative Optical Health Sciences*, 4(03), 239-250. doi: 10.1142/S1793545811001587
- Izzetoglu, K., Yurtsever, G., Bozkurt, A., Yazici, B., Bunce, S., Pourrezaei, K. y Onaral, B. (2003). NIR spectroscopy measurements of cognitive load elicited by GKT and target categorization. En *36th Annual Hawaii*
-

-
- International Conference on System Sciences, 2003*. IEEE. doi: 10.1109/HICSS.2003.1174296
- Jackson, C. J. (2009). Jackson-5 scales of revised Reinforcement Sensitivity Theory (r-RST) and their application to dysfunctional real world outcomes. *Journal of Research in Personality*, 43(4), 556–569. doi: 10.1016/j.jrp.2009.02.007
- James, W. (1884). What is an emotion?. *Mind*, 9(34), 188-205. doi: 10.1093/mind/os-IX.34.188
- James, W. (1894). Discussion: The physical basis of emotion. *Psychological Review*, 1(5), 516. doi: 10.1037/h0065078
- Jensen, A. R. (1958). The Maudsley personality inventory. *Acta Psychologica*, 14, 314-325. doi: 10.1016/0001-6918(58)90023-4
- Jobsis, F. F. (1977). Noninvasive, infrared monitoring of cerebral and myocardial oxygen sufficiency and circulatory parameters. *Science*, 198(4323), 1264-1267. doi: 10.1126/science.929199
- John, O. P. y Gross, J. J. (2004). Healthy and Unhealthy Emotion Regulation: Personality Processes, Individual Differences, and Life Span Development. *Journal of Personality*, 72, 1301-1334. doi: 10.1111/j.1467-6494.2004.00298.x
- John, O. P. y Gross, J. J. (2007). Individual differences in emotion regulation. *Handbook of emotion regulation*, 351-372.
- John, O. P., Angleitner, A. y Ostendorf, F. (1988). The lexical approach to personality: A historical review of trait taxonomic research. *European journal of Personality*, 2(3), 171-203. doi: 10.1002/per.2410020302
- John, O. P. y Srivastava, S. (1999). The Big Five Trait taxonomy: History, measurement, and theoretical perspectives. En L. A. Pervin y O. P. John (Eds.), *Handbook of personality: Theory and research* (p. 102–138). Guilford Press.
- Joormann, J. y Quinn, M. E. (2014). Cognitive processes and emotion regulation in depression. *Depression and anxiety*, 31(4), 308-315. doi: 10.1002/da.22264
- Joseph, J. E., Liu, X., Jiang, Y., Lynam, D. y Kelly, T. H. (2009). Neural correlates of emotional reactivity in sensation seeking. *Psychological science*, 20(2), 215-223. doi: 10.1111/j.1467-9280.2009.02283.x
-

- Jouanna, J. (2012). The Legacy of the Hippocratic Treatise The Nature of Man: The Theory of the Four Humours. En *Greek Medicine from Hippocrates to Galen* (pp. 335-359). BRILL. doi: 10.1163/9789004232549_017
- Kato, T., Kamei, A., Takashima, S. y Ozaki, T. (1993). Human visual cortical function during photic stimulation monitoring by means of near-infrared spectroscopy. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 13(3), 516-520. doi: 10.1038/jcbfm.1993.66
- Kawano, M., Kanazawa, T., Kikuyama, H., Tsutsumi, A., Kinoshita, S., Kawabata, Y., ... y Toyoda, K. (2016). Correlation between frontal lobe oxy-hemoglobin and severity of depression assessed using near-infrared spectroscopy. *Journal of affective disorders*, 205, 154-158. doi: 10.1016/j.jad.2016.07.013
- Keehn, B., Wagner, J., Tager-Flusberg, H. y Nelson, C. A. (2013). Functional connectivity in the first year of life in infants at-risk for autism: a preliminary near-infrared spectroscopy study. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 444. doi: 10.3389/fnhum.2013.00444
- Kehoe, E. G., Toomey, J. M., Balsters, J. H. y Bokde, A. L. (2011). Personality modulates the effects of emotional arousal and valence on brain activation. *Social cognitive and affective neuroscience*, 7(7), 858-870. doi: 10.1093/scan/nsr059
- Kennis, M., Rademaker, A. R. y Geuze, E. (2013). Neural correlates of personality: an integrative review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(1), 73-95. doi: 10.1016/j.neubiorev.2012.10.012
- Kesler, M. L., Andersen, A. H., Smith, C. D., Avison, M. J., Davis, C. E., Kryscio, R. J. y Blonder, L. X. (2001). Neural substrates of facial emotion processing using fMRI. *Cognitive Brain Research*, 11(2), 213-226. doi: 10.1016/S0926-6410(00)00073-2
- Khalfa, S., Isabelle, P., Jean-Pierre, B. y Manon, R. (2002). Event-related skin conductance responses to musical emotions in humans. *Neuroscience letters*, 328(2), 145-149. doi: 10.1016/S0304-3940(02)00462-7
- Kim, H. Y., Seo, K., Jeon, H. J., Lee, U. y Lee, H. (2017). Application of functional near-infrared spectroscopy to the study of brain function in humans and animal models. *Molecules and cells*, 40(8), 523. doi: 10.14348/molcells.2017.0153
-

-
- Kim, S. H. y Hamann, S. (2007). Neural correlates of positive and negative emotion regulation. *Journal of cognitive neuroscience*, 19(5), 776-798. doi: 10.1162/jocn.2007.19.5.776
- Kirchner, W. K. (1958). Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *Journal of experimental psychology*, 55(4), 352. doi: 10.1037/h0043688
- Kleinschmidt, A., Obrig, H., Requardt, M., Merboldt, K. D., Dirnagl, U., Villringer, A. y Frahm, J. (1996). Simultaneous recording of cerebral blood oxygenation changes during human brain activation by magnetic resonance imaging and near-infrared spectroscopy. *Journal of cerebral blood flow & metabolism*, 16(5), 817-826. doi: 10.1097/00004647-199609000-00006
- Koelsch, S., Fritz, T., v. Cramon, D. Y., Müller, K. y Friederici, A. D. (2006). Investigating emotion with music: an fMRI study. *Human brain mapping*, 27(3), 239-250. doi: 10.1002/hbm.20180
- Kohl, M., Lindauer, U., Royl, G., Kühn, M., Gold, L., Villringer, A. y Dirnagl, U. (2000). Physical model for the spectroscopic analysis of cortical intrinsic optical signals. *Physics in Medicine & Biology*, 45(12), 3749. doi: 10.1088/0031-9155/45/12/317
- Kohler, C. G., Hoffman, L. J., Eastman, L. B., Healey, K. y Moberg, P. J. (2011). Facial emotion perception in depression and bipolar disorder: a quantitative review. *Psychiatry research*, 188(3), 303-309. doi: 10.1016/j.psychres.2011.04.019
- Kohno, S., Noriuchi, M., Iguchi, Y., Kikuchi, Y. y Hoshi, Y. (2015). Emotional discrimination during viewing unpleasant pictures: timing in human anterior ventrolateral prefrontal cortex and amygdala. *Frontiers in human neuroscience*, 9, 51. doi: 10.3389/fnhum.2015.00051
- Konorski, J. (1967). *Integrative Activity of the Brain: An Interdisciplinary Approach*. Chicago: University of Chicago Press.
- Krueger, R. F. (1999). The structure of common mental disorders. *Archives of general psychiatry*, 56(10), 921-926. doi: 10.1001/archpsyc.56.10.921
- Krueger, R. F. y Markon, K. E. (2006). Reinterpreting comorbidity: A model-based approach to understanding and classifying
-

- psychopathology. *Annual Review in Clinical Psychology*, 2, 111-133. doi: 10.1146/annurev.clinpsy.2.022305.095213
- Krueger, R. F., Markon, K. E., Patrick, C. J. y Iacono, W. G. (2005). Externalizing psychopathology in adulthood: a dimensional-spectrum conceptualization and its implications for DSM-V. *Journal of abnormal psychology*, 114(4), 537. doi: 10.1037/0021-843X.114.4.537
- Krug, S. (1980). *Clinical Analysis Questionnaire, Manual*. Champaign, ILL: Institute for Personality and Ability Testing.
- Krupić, D., Corr, P. J., Ručević, S., Križanić, V. y Gračanin, A. (2016). Five reinforcement sensitivity theory (RST) of personality questionnaires: Comparison, validity and generalization. *Personality and Individual Differences*, 97, 19-24. doi: 10.1016/j.paid.2016.03.012
- Kumari, V., Antonova, E. y Geyer, M. A. (2008). Prepulse inhibition and "psychosis-proneness" in healthy individuals: an fMRI study. *European Psychiatry*, 23(4), 274-280. doi: 10.1016/j.eurpsy.2007.11.006
- Kumari, V., Williams, S. C. y Gray, J. A. (2004). Personality predicts brain responses to cognitive demands. *Journal of Neuroscience*, 24(47), 10636-10641. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3206-04.2004
- Lambert, J.H. (1760) *Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae*. Eberhardt Klett, Augsburg.
- Lang, P. J. (1968). Fear reduction and fear behavior: Problems in treating a construct. En J. M. Shlien (Ed.), *Research in psychotherapy* (p. 90–102). American Psychological Association. doi: 10.1037/10546-004
- Lang, P. J. (1994). The varieties of emotional experience: A meditation on James-Lange theory. *Psychological review*, 101(2), 211. doi: 10.1037/0033-295x.101.2.211
- Lang, P. J. (1995). The emotion probe: Studies of motivation and attention. *American Psychologist*, 50(5), 372–385. doi: 10.1037/0003-066X.50.5.372
- Lang, P. J. (2005). International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. *Technical report*.
- Lang, P. J. (2010). Emotion and motivation: Toward consensus definitions and a common research purpose. *Emotion review*, 2(3), 229-233. doi: 10.1177/1754073910361984
-

-
- Lang, P. J., Bradley, M. M. y Cuthbert, B. N. (1990). Emotion, attention, and the startle reflex. *Psychological review*, 97(3), 377.
- Lang, P. J., Bradley, M. M. y Cuthbert, B. N. (1997). International affective picture system (IAPS): Technical manual and affective ratings. *NIMH Center for the Study of Emotion and Attention*, 39-58.
- Lang, P. J., Bradley, M. M. y Cuthbert, B. N. (1998). Emotion, motivation, and anxiety: Brain mechanisms and psychophysiology. *Biological Psychiatry*, 44(12), 1248-1263. doi: 10.1016/S0006-3223(98)00275-3
- Lang, P. J., Bradley, M. M. y Cuthbert, B. N. (2008). International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. Technical Report A-8, Gainesville, FL: University of Florida.
- Lange, C. G. (1885). The mechanism of the emotions. *The classical psychologists*, 672-684.
- Langner, O., Dotsch, R., Bijlstra, G., Wigboldus, D. H., Hawk, S. T. y Van Knippenberg, A. D. (2010). Presentation and validation of the Radboud Faces Database. *Cognition and emotion*, 24(8), 1377-1388. doi: 10.1080/02699930903485076
- Larson, C. L., Ruffalo, D., Nietert, J. Y. y Davidson, R. J. (2000). Temporal stability of the emotion-modulated startle response. *Psychophysiology*, 37(1), 92-101.
- Lasaitis, C; Ribeiro, R. L.; Bueno, O. F. A. (2008). "Brazilian norms for the International Affective Picture System (IAPS): comparison of the affective ratings for new stimuli between brazilian and north-american subjects". *Jornal Brasileiro de Psiquiatria*. 57: 270-275. <http://dx.doi.org/10.1590/S0047-20852008000400008>
- LeDoux J. (1996). *The Emotional Brain*. New York: Simon & Schuster.
- LeDoux, J. (2003). The emotional brain, fear, and the amygdala. *Cellular and molecular neurobiology*, 23(4-5), 727-738. doi: 10.1023/a:1025048802629
- LeDoux, J. (2012). Rethinking the emotional brain. *Neuron*, 73(4), 653-676. doi: 10.1016/j.neuron.2012.02.004
- Leon-Carrion, J., Damas, J., Izzetoglu, K., Pourrezai, K., Martín-Rodríguez, J. F. y Martín, J. M. B. y Dominguez-Morales, M. R. (2006). Differential
-

-
- time course and intensity of PFC activation for men and women in response to emotional stimuli: a functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) study. *Neuroscience letters*, 403(1-2), 90-95. doi: 10.1016/j.neulet.2006.04.050
- Leskelä, M., Hietanen, M., Kalska, H., Ylikoski, R., Pohjasvaara, T., Mäntylä, R. y Erkinjuntti, T. (1999). Executive functions and speed of mental processing in elderly patients with frontal or nonfrontal ischemic stroke. *European Journal of Neurology*, 6(6), 653-661. doi: 10.1046/j.1468-1331.1999.660653.x
- Lezak, M. D. (1982). The problem of assessing executive functions. *International journal of Psychology*, 17(1-4), 281-297. doi: 10.1080/00207598208247445
- Li, Y., Chen, R., Zhang, S., Turel, O., Bechara, A., Feng, T., ... y He, Q. (2019). Hemispheric mPFC asymmetry in decision making under ambiguity and risk: An fNIRS study. *Behavioural brain research*, 359, 657-663. doi: 10.1016/j.bbr.2018.09.021
- Liang, H., Bronzino, J. D. y Peterson, D. R. (2012). *Biosignal processing: principles and practices*. CRC Press. doi: 10.1201/b12941
- Lichtenstein, D., Dreger, R. M. y Cattell, R. B. (1986). Factor structure and standardization of the Preschool Personality Questionnaire. *Journal of Social Behavior and Personality*, 1, 165-182.
- Lindquist, K. A., Wager, T. D., Kober, H., Bliss-Moreau, E. y Barrett, L. F. (2012). The brain basis of emotion: a meta-analytic review. *The Behavioral and brain sciences*, 35(3), 121. doi: 10.1017/S0140525X11000446
- Liu, S., Poh, J.H., Koh, H.L., Ng, K.K., Loke, Y.M., Lim, J.K.W., ... y Zhou, J. (2018). Carrying the past to the future: Distinct brain networks underlie individual differences in human spatial working memory capacity. *NeuroImage*, 176, 1-10. doi: 10.1016/j.neuroimage.2018.04.014
- Liu, T., Pelowski, M., Pang, C., Zhou, Y. y Cai, J. (2016). Near-infrared spectroscopy as a tool for driving research. *Ergonomics*, 59(3), 368-379. doi: 10.1080/00140139.2015.1076057
-

-
- Liu, X., Sun, G., Zhang, X., Xu, B., Shen, C., Shi, L., ... y Liu, P. (2014). Relationship between the prefrontal function and the severity of the emotional symptoms during a verbal fluency task in patients with major depressive disorder: a multi-channel NIRS study. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, *54*, 114-121. doi: 10.1016/j.pnpbp.2014.05.005
- Lohani, M.; Gupta, R.; Srinivasan, N. (2013). "Cross-Cultural Evaluation of the International Affective Picture System on an Indian Sample". *Psychological Studies*. *58*: 233-241. doi: 10.1007/s12646-013-0196-8
- Lu, C. M., Zhang, Y. J., Biswal, B. B., Zang, Y. F., Peng, D. L. y Zhu, C. Z. (2010). Use of fNIRS to assess resting state functional connectivity. *Journal of neuroscience methods*, *186*(2), 242-249. doi: 10.1016/j.jneumeth.2009.11.010
- Lu, F., Huo, Y., Li, M., Chen, H., Liu, F., Wang, Y., ... y Chen, H. (2014). Relationship between personality and gray matter volume in healthy young adults: a voxel-based morphometric study. *PloS one*, *9*(2), e88763. doi: 10.1371/journal.pone.0088763
- Lucas, I., Balada, F., Blanco, E. y Aluja, A. (2019). Prefrontal cortex activity triggered by affective faces exposure and its relationship with neuroticism. *Neuropsychologia*, *132*, 107146. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2019.107146
- Lucas, I., Sánchez-Adam, A., Vila, J. y Guerra, P. (2019). Positive emotional reactions to loved names. *Psychophysiology*, e13363. doi: 10.1111/psyp.13363
- Lundqvist, D., Flykt, A. y Öhman, A. (1998). The Karolinska directed emotional faces (KDEF). *CD ROM from Department of Clinical Neuroscience, Psychology section, Karolinska Institutet*, *91*, 630.
- Luria, A. R. (1976). *Cognitive development its cultural and social foundations*. Cambridge, Massachusetts & London Harvard University Press
- Ma, X. Y., Wang, Y. J., Xu, B., Feng, K., Sun, G. X., Zhang, X. Q., ... y Liu, P. Z. (2017). Near-infrared spectroscopy reveals abnormal hemodynamics in the left dorsolateral prefrontal cortex of menopausal
-

-
- depression patients. *Disease markers*, 2017. doi: 10.1155/2017/1695930
- MacDonald, A. W., Cohen, J. D., Stenger, V. A. y Carter, C. S. (2000). Dissociating the role of the dorsolateral prefrontal and anterior cingulate cortex in cognitive control. *Science*, 288(5472), 1835-1838. doi: 10.1126/science.288.5472.1835
- MacLean, P. D. (1990). *The triune brain in evolution: role in paleocerebral functions*. New York: Plenum Press.
- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review. *Psychological bulletin*, 109(2), 163. doi: 10.1037/0033-2909.109.2.163
- Maddi, S. R. (1989). *Personality theories: A comparative analysis*. Dorsey Press.
- Madsen, M. K., Mc Mahon, B., Andersen, S. B., Siebner, H. R., Knudsen, G. M. y Fisher, P. M. (2016). Threat-related amygdala functional connectivity is associated with 5-HTTLPR genotype and neuroticism. *Social cognitive and affective neuroscience*, 11(1), 140-149. doi: 10.1093/scan/nsv098
- Maki, A., Yamashita, Y., Ito, Y., Watanabe, E., Mayanagi, Y. y Koizumi, H. (1995). Spatial and temporal analysis of human motor activity using noninvasive NIR topography. *Medical physics*, 22(12), 1997-2005. doi: 10.1118/1.597496
- Marchewka, A., Żurawski, Ł., Jednoróg, K. y Grabowska, A. (2014). The Nencki Affective Picture System (NAPS): Introduction to a novel, standardized, wide-range, high-quality, realistic picture database. *Behavior research methods*, 46(2), 596-610. doi: 10.3758/s13428-013-0379-1
- Mardaga, S., Laloyaux, O. y Hansenne, M. (2006). Personality traits modulate skin conductance response to emotional pictures: An investigation with Cloninger's model of personality. *Personality and individual differences*, 40(8), 1603-1614. doi: 10.1016/j.paid.2005.12.006
- Marqués, L. M., Morello, L. Y. y Boggio, P. S. (2018). Ventrolateral but not Dorsolateral Prefrontal Cortex tDCS effectively impact emotion reappraisal-effects on Emotional Experience and Interbeat
-

-
- Interval. *Scientific reports*, 8(1), 15295. doi: 10.1038/s41598-018-33711-5
- Martinussen, R., Hayden, J., Hogg-Johnson, S. y Tannock, R. (2005). A meta-analysis of working memory impairments in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 44(4), 377-384. doi: 10.1097/01.chi.0000153228.72591.73
- Masuda, K., Nakanishi, M., Okamoto, K., Kawashima, C., Oshita, H., Inoue, A., ... y Kanehisa, M. (2017). Different functioning of prefrontal cortex predicts treatment response after a selective serotonin reuptake inhibitor treatment in patients with major depression. *Journal of affective disorders*, 214, 44-52. doi: 10.1016/j.jad.2017.02.034
- Masui, K., Kashino, M. y Nomura, M. (2009). Ventrolateral prefrontal cortex activity during reward-punishment go/nogo task: A near-infrared spectroscopy study. *Psychologia*, 52(2), 137-146. doi: 10.2117/psysoc.2009.137
- Matthews, G. (2004). Neuroticism from the top down: Psychophysiology and negative emotionality. *On the psychobiology of personality: Essays in honor of Marvin Zuckerman*, 249-266. doi: 10.1016/B978-008044209-9/50015-4
- McDougall, W. (1932). Of the words character and personality. *Journal of Personality*, 1(1), 3-16. doi: 10.1111/j.1467-6494.1932.tb02209.x
- McNaughton, N. y Corr, P. J. (2004). A two-dimensional neuropsychology of defense: fear/anxiety and defensive distance. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 28(3), 285-305. doi: 10.1016/j.neubiorev.2004.03.005
- McNaughton, N. y Gray, J. A. (2000). Anxiolytic action on the behavioural inhibition system implies multiple types of arousal contribute to anxiety. *Journal of affective disorders*, 61(3), 161-176. doi: 10.1016/S0165-0327(00)00344-X
- Meaux, E. y Vuilleumier, P. (2016). Facing mixed emotions: analytic and holistic perception of facial emotion expressions engages separate brain networks. *NeuroImage*, 141, 154-173. doi: 10.1016/j.neuroimage.2016.07.004
-

- Meek, J. H., Firbank, M., Elwell, C. E., Atkinson, J., Braddick, O. y Wyatt, J. S. (1998). Regional hemodynamic responses to visual stimulation in awake infants. *Pediatric Research*, 43(6), 840 doi: 10.1203/00006450-199806000-00019
- Mehagnoul-Schipper, D. J., van der Kallen, B. F., Colier, W. N., van der Sluijs, M. C., Leon, J. T. O., Thijssen, H. O., ... y Jansen, R. W. (2002). Simultaneous measurements of cerebral oxygenation changes during brain activation by near-infrared spectroscopy and functional magnetic resonance imaging in healthy young and elderly subjects. *Human brain mapping*, 16(1), 14-23. doi: 10.1002/hbm.10026.abs
- Mehrabian, A. y Russell, J. A. (1974). The basic emotional impact of environments. *Perceptual and Motor Skills*, 38(1), 283-301. doi: 10.2466/pms.1974.38.1.283
- Miccoli, L., Delgado, R., Rodríguez-Ruiz, S., Guerra, P., García-Mármol, E. y Fernández-Santaella, M. C. (2014). Meet OLAF, a good friend of the IAPS! The Open Library of Affective Foods: a tool to investigate the emotional impact of food in adolescents. *PloS one*, 9(12), e114515. doi: 10.1371/journal.pone.0114515
- Miller, E. K. y Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual review of neuroscience*, 24(1), 167-202. doi: 10.1146/annurev.neuro.24.1.167
- Miller, G. A. (1994). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, 101(2), 343.
- Miller, M. W., Patrick, C. J. y Levenston, G. K. (2002). Affective imagery and the startle response: Probing mechanisms of modulation during pleasant scenes, personal experiences, and discrete negative emotions. *Psychophysiology*, 39(4), 519-529. doi: 10.1017/s0048577202394095
- Mischel, W. (1968). *Personality assessment*. N.Y.: Wiley.
- Mischel, W., Ebbesen, E. B. y Raskoff Zeiss, A. (1972). Cognitive and attentional mechanisms in delay of gratification. *Journal of Personality and Social Psychology*, 21(2), 204-218. doi: 10.1037/h0032198
-

-
- Mitchell, D. G. (2011). The nexus between decision making and emotion regulation: a review of convergent neurocognitive substrates. *Behavioural brain research*, 217(1), 215-231. doi: 10.1016/j.bbr.2010.10.030
- Mitchell, R. L. y Kumari, V. (2016). Hans Eysenck's interface between the brain and personality: Modern evidence on the cognitive neuroscience of personality. *Personality and Individual Differences*, 103, 74-81. doi: 10.1016/j.paid.2016.04.009
- Miura, N., Shirasawa, N. y Kanoh, S. I. (2016). Left lateral prefrontal activity reflects a change of behavioral tactics to cope with a given rule: An fNIRS study. *Frontiers in human neuroscience*, 10, 558. doi: 10.3389/fnhum.2016.00558
- Molteni, E., Butti, M., Bianchi, A. M. y Reni, G. (2008). Activation of the prefrontal cortex during a visual n-back working memory task with varying memory load: A near infrared spectroscopy study. In *2008 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (pp. 4024-4027). IEEE. doi: 10.1109/IEMBS.2008.4650092
- Moltó, J., Montañés, S., Poy, R., Segarra, P., Pastor, M. C., Tormo, M. P., ... y Vila, J. (1999). Un método para el estudio experimental de las emociones: el International Affective Picture System (IAPS). Adaptación española. *Revista de psicología general y aplicada: Revista de la Federación Española de Asociaciones de Psicología*, 52(1), 55-87.
- Moltó, J., Segarra, P., López, R., Esteller, À., Fonfría, A., Pastor, M. C. y Poy, R. (2013). Adaptación española del "International Affective Picture System"(IAPS): tercera parte. *Anales de psicología*, 29(3), 965-984.
- Moosmann, M., Ritter, P., Krastel, I., Brink, A., Thees, S., Blankenburg, F., ... y Villringer, A. (2003). Correlates of alpha rhythm in functional magnetic resonance imaging and near infrared spectroscopy. *Neuroimage*, 20(1), 145-158. doi: 10.1016/s1053-8119(03)00344-6
- Morawetz, C., Bode, S., Baudewig, J. y Heekeren, H. R. (2017). Effective amygdala-prefrontal connectivity predicts individual differences in successful emotion regulation. *Social cognitive and affective neuroscience*, 12(4), 569-585. doi: 10.1093/scan/nsw169
-

- Morinaga, K., Akiyoshi, J., Matsushita, H., Ichioka, S., Tanaka, Y., Tsuru, J. y Hanada, H. (2007). Anticipatory anxiety-induced changes in human lateral prefrontal cortex activity. *Biological Psychology*, 74(1), 34-38. doi: 10.1016/j.biopsycho.2006.06.005
- Murkin, J. M. y Arango, M. (2009). Near-infrared spectroscopy as an index of brain and tissue oxygenation. *British journal of anaesthesia*, 103(suppl_1), i3-i13. doi: 10.1093/bja/aep299
- Murphy, D. L., Aulakh, C. S., Garrick, N. A. y Sunderland, T. (1987). Monoamine oxidase inhibitors as antidepressants: implications for the mechanism of action of antidepressants and the psychobiology of the affective disorders and some related disorders. *Psychopharmacology: the third generation of progress*. Raven Press, New York, 545-552.
- Nagamitsu, S., Araki, Y., Ioji, T., Yamashita, F., Ozono, S., Kouno, M., ... y Yamashita, Y. (2011). Prefrontal brain function in children with anorexia nervosa: a near-infrared spectroscopy study. *Brain and Development*, 33(1), 35-44. doi: 10.1016/j.braindev.2009.12.010
- Nagaoka, T., Sakatani, K., Awano, T., Yokose, N., Hoshino, T., Murata, Y., ... y Eda, H. (2010). Development of a new rehabilitation system based on a brain-computer interface using near-infrared spectroscopy. En *Oxygen transport to tissue XXXI* (pp. 497-503). Springer, Boston, MA. doi: 10.1007/978-1-4419-1241-1_72
- Nakao, T., Matsumoto, T., Shimizu, D., Morita, M., Yoshimura, S., Northoff, G., ... y Yamawaki, S. (2013). Resting state low-frequency fluctuations in prefrontal cortex reflect degrees of harm avoidance and novelty seeking: an exploratory NIRS study. *Frontiers in systems neuroscience*, 7, 115. doi: 10.3389/fnsys.2013.00115
- Naseer, N. y Hong, K. S. (2015). fNIRS-based brain-computer interfaces: a review. *Frontiers in human neuroscience*, 9, 3. doi: 10.3389/fnhum.2015.00003
- Neary, R. S. y Zuckerman, M. (1976). Sensation seeking, trait and state anxiety, and the electrodermal orienting response. *Psychophysiology*, 13(3), 205-211. doi: 10.1111/j.1469-8986.1976.tb00098.x
- Neisser, U. (1967) *Cognitive psychology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall
-

-
- Nieuwenhuis, S., Yeung, N., Van Den Wildenberg, W. y Ridderinkhof, K. R. (2003). Electrophysiological correlates of anterior cingulate function in a go/no-go task: effects of response conflict and trial type frequency. *Cognitive, affective y behavioral neuroscience*, 3(1), 17-26. doi: 10.3758/cabn.3.1.17
- Nishida, M., Kikuchi, S., Matsumoto, K., Yamauchi, Y., Saito, H. y Suda, S. (2017). Sleep complaints are associated with reduced left prefrontal activation during a verbal fluency task in patients with major depression: a multi-channel near-infrared spectroscopy study. *Journal of affective disorders*, 207, 102-109. doi: 10.1016/j.jad.2016.09.028
- Nishitani, S. y Shinohara, K. (2013). NIRS as a tool for assaying emotional function in the prefrontal cortex. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 770. doi: 10.3389/fnhum.2013.00770
- Niu, H. J., Li, X., Chen, Y. J., Ma, C., Zhang, J. Y. y Zhang, Z. J. (2013). Reduced frontal activation during a working memory task in mild cognitive impairment: A non-invasive near-infrared spectroscopy study. *CNS Neuroscience & Therapeutics*, 19(2), 125-131. doi: 10.1111/cns.12046
- Noble, E. P., Ozkaragoz, T. Z., Ritchie, T. L., Zhang, X., Belin, T. R. y Sparkes, R. S. (1998). D2 and D4 dopamine receptor polymorphisms and personality. *American journal of medical genetics*, 81(3), 257-267.
- Norbury, A. y Husain, M. (2015). Sensation-seeking: dopaminergic modulation and risk for psychopathology. *Behavioural brain research*, 288, 79-93. doi: 10.1016/j.bbr.2015.04.015
- Norman, W. T. (1963). Toward an adequate taxonomy of personality attributes: Replicated factor structure in peer nomination personality ratings. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 66(6), 574. doi: 10.1037/h0040291
- Norman, W. T. y Goldberg, L. R. (1966). Raters, ratees, and randomness in personality structure. *Journal of Personality and Social Psychology*, 4(6), 681. doi: 10.1037/h0024002
- Nostro, A. D., Müller, V. I., Reid, A. T. y Eickhoff, S. B. (2016). Correlations between personality and brain structure: a crucial role of gender. *Cerebral cortex*, 27(7), 3698-3712. doi: 10.1093/cercor/bhw191
-

- Obrig, H., Wenzel, R., Kohl, M., Horst, S., Wobst, P., Steinbrink, J., ... y Villringer, A. (2000). Near-infrared spectroscopy: does it function in functional activation studies of the adult brain?. *International Journal of Psychophysiology*, *35*(2-3), 125-142. doi: 10.1016/s0167-8760(99)00048-3
- Ochsner, K. N. y Gross, J. J. (2008). Cognitive emotion regulation: Insights from social cognitive and affective neuroscience. *Current directions in psychological science*, *17*(2), 153-158. doi: 10.1111/j.1467-8721.2008.00566.x
- Ochsner, K. N., Bunge, S. A., Gross, J. J. y Gabrieli, J. D. (2002). Rethinking feelings: an fMRI study of the cognitive regulation of emotion. *Journal of cognitive neuroscience*, *14*(8), 1215-1229. doi: 10.1162/089892902760807212
- Ochsner, K. N., Ray, R. R., Hughes, B., McRae, K., Cooper, J. C., Weber, J., ... y Gross, J. J. (2009). Bottom-up and top-down processes in emotion generation: common and distinct neural mechanisms. *Psychological science*, *20*(11), 1322-1331. doi: 10.1111/j.1467-9280.2009.02459.x
- Ogawa, Y., Kotani, K. y Jimbo, Y. (2014). Relationship between working memory performance and neural activation measured using near-infrared spectroscopy. *Brain and behavior*, *4*(4), 544-551. doi: 10.1002/brb3.238
- Okada, F., Tokumitsu, Y., Hoshi, Y. y Tamura, M. (1994). Impaired interhemispheric integration in brain oxygenation and hemodynamics in schizophrenia. *European archives of psychiatry and clinical neuroscience*, *244*(1), 17-25. doi: 10.1007/bf02279807
- Okada, K., Ota, T., Iida, J., Kishimoto, N. y Kishimoto, T. (2013). Lower prefrontal activity in adults with obsessive-compulsive disorder as measured by near-infrared spectroscopy. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, *43*, 7-13. doi: 10.1016/j.pnpbp.2012.11.013
- Ormel, J., Bastiaansen, A., Riese, H., Bos, E. H., Servaas, M., Ellenbogen, M., ... y Aleman, A. (2013). The biological and psychological basis of neuroticism: current status and future directions. *Neuroscience &*
-

-
- Biobehavioral Reviews*, 37(1), 59-72. doi: 10.1016/j.neubiorev.2012.09.004
- Osgood, C., Suci, G. y Tannenbaum, P. (1957). *The measurement of meaning*. Urbana, IL: University of Illinois.
- O'Sullivan, D. M., Zuckerman, M. y Kraft, M. (1996). The personality of prostitutes. *Personality and individual differences*, 21(3), 445-448. doi: 10.1016/0191-8869(96)00053-0
- Ozawa, S., Matsuda, G. y Hiraki, K. (2014). Negative emotion modulates prefrontal cortex activity during a working memory task: a NIRS study. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 46. doi: 10.3389/fnhum.2014.00046
- Panksepp, J. (1982). Toward a general psychobiological theory of emotions. *Behavioral and Brain sciences*, 5(3), 407-422. doi: 10.1017/S0140525X00012759
- Parks, N. A. (2013). Concurrent application of TMS and near-infrared optical imaging: methodological considerations and potential artifacts. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 592. doi: 10.3389/fnhum.2013.00592
- Parrott, W. G. (2001). Implications of dysfunctional emotions for understanding how emotions function. *Review of General Psychology*, 5(3), 180-186. doi: 10.1037/1089-2680.5.3.180
- Pascual Nicolás, D., Pascual Nicolás, T., Redondo Delgado, M. y Pérez Nieto, M. Á. (2014). Sensibilidad a la recompensa y al castigo, personalidad, impulsividad y aprendizaje: un estudio en un contexto de violencia de pareja. *Clínica y Salud*, 25(3), 167-174. <http://doi.org/10.1016/j.clysa.2014.10.007>
- Pastor, M.C. (1999). *Modulación del reflejo de sobresalto y medidas autonómicas en psicópatas encarcelados* (Tesis doctoral, Universitat Jaume I).
- Peirson, A. R., Heuchert, J. W., Thomala, L., Berk, M., Plein, H. y Cloninger, C. R. (1999). Relationship between serotonin and the temperament and character inventory. *Psychiatry Research*, 89(1), 29-37. doi: 10.1016/S0165-1781(99)00079-7
-

- Perutz, M. (1995) Hoppe-Seyler, Stokes and haemoglobin. *Biol Chem Hoppe Seyler* 376:449–450 doi: 10.1515/bchm3.1995.376.8.449
- Pfeifer, M. D., Scholkmann, F. y Labruyère, R. (2018). Signal processing in functional near-infrared spectroscopy (fNIRS): methodological differences lead to different statistical results. *Frontiers in human neuroscience*, 11, 641. doi: 10.3389/fnhum.2017.00641
- Phan, K. L., Wager, T., Taylor, S. F. y Liberzon, I. (2002). Functional neuroanatomy of emotion: a meta-analysis of emotion activation studies in PET and fMRI. *Neuroimage*, 16(2), 331-348. doi: 10.1006/nimg.2002.1087
- Phelps, E. A. y LeDoux, J. E. (2005). Contributions of the amygdala to emotion processing: from animal models to human behavior. *Neuron*, 48(2), 175-187. doi: 10.1016/j.neuron.2005.09.025
- Phillips, A. A., Chan, F. H., Zheng, M. M. Z., Krassioukov, A. V. y Ainslie, P. N. (2016). Neurovascular coupling in humans: Physiology, methodological advances and clinical implications. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 36(4), 647-664. doi: 10.1177/0271678X15617954
- Phillips, M. L., Drevets, W. C., Rauch, S. L. y Lane, R. (2003). Neurobiology of emotion perception I: The neural basis of normal emotion perception. *Biological psychiatry*, 54(5), 504-514. doi: 10.1016/s0006-3223(03)00168-9
- Phillips, M. L., Ladouceur, C. D. y Drevets, W. C. (2008). A neural model of voluntary and automatic emotion regulation: implications for understanding the pathophysiology and neurodevelopment of bipolar disorder. *Molecular psychiatry*, 13(9), 833. doi: 10.1038/mp.2008.65
- Pickering, A. D. (1997). The conceptual nervous system and personality: From Pavlov to neural networks. *European Psychologist*, 2(2), 139–163. doi: 10.1027/1016-9040.2.2.139
- Plichta, M. M., Gerdes, A. B., Alpers, G. W., Harnisch, W., Brill, S., Wieser, M. J. y Fallgatter, A. J. (2011). Auditory cortex activation is modulated by emotion: a functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) study.
-

-
- Neuroimage*, 55(3), 1200-1207. doi: 10.1016/j.neuroimage.2011.01.011
- Porter, R. B. y Cattell, R. B. (1963). Children's personality questionnaire. Champaign, Illinois: Institute for Personality and Ability Testing.
- Porter, R. B. y Cattell, R. B. (1985). Handbook for the Children's Personality Questionnaire: (CPQ). Institute for personality and Ability Testing.
- Pourrezaei, K. y Barati, Z. (2011). Hemodynamic response to experimental pain in human measured by NIRS. *The Journal of Pain*, 12(4), P18. doi: 10.1016/j.jpain.2011.02.074
- Primi, R., Ferreira-Rodrigues, C. F. y Carvalho, L. D. F. (2014). Cattell's Personality Factor Questionnaire (CPFQ): Development and Preliminary Study. *Paidéia (Ribeirão Preto)*, 24(57), 29-37. doi: 10.1590/1982-43272457201405
- Privado, J., Román, F. J., Saénz-Urturi, C., Burgaleta, M. y Colom, R. (2017). Gray and white matter correlates of the Big Five personality traits. *Neuroscience*, 349, 174-184. doi: 10.1016/j.neuroscience.2017.02.039
- Quinlan, F., Ycas, G., Osterman, S. y Diddams, S. A. (2010). A 12.5 GHz-spaced optical frequency comb spanning > 400 nm for near-infrared astronomical spectrograph calibration. *Review of Scientific Instruments*, 81(6), 063105. doi: 10.1063/1.3436638
- Ray, R. D. y Zald, D. H. (2012). Anatomical insights into the interaction of emotion and cognition in the prefrontal cortex. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(1), 479-501. doi: 10.1016/j.neubiorev.2011.08.005
- Ray, W. J. y Cole, H. W. (1985). EEG alpha activity reflects attentional demands, and beta activity reflects emotional and cognitive processes. *Science*, 228(4700), 750-752. doi: 10.1126/science.3992243
- Reitan, RM y Wolfson, D. (1992). *Neuropsychological evaluation of older children*. South Tucson, AZ: Neuropsychology Press
- Ridgeway, D. y Hare, R. D. (1981). Sensation seeking and psychophysiological responses to auditory stimulation. *Psychophysiology*, 18(6), 613-618. doi: 10.1111/j.1469-8986.1981.tb01833.x
-

- Rodrigo, A. H., Ayaz, H. y Ruocco, A. C. (2016). Examining the neural correlates of incidental facial emotion encoding within the prefrontal cortex using functional near-infrared spectroscopy. En *International Conference on Augmented Cognition* (pp. 102-112). Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-319-39955-3_10
- Roelofs, K. (2017). Freeze for action: neurobiological mechanisms in animal and human freezing. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372(1718), 20160206. doi: 10.1098/rstb.2016.0206.
- Ruffman, T., Henry, J. D., Livingstone, V. y Phillips, L. H. (2008). A meta-analytic review of emotion recognition and aging: Implications for neuropsychological models of aging. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 32(4), 863-881. doi: 10.1016/j.neubiorev.2008.01.001
- Ruocco, A. C., Medaglia, J. D., Ayaz, H. y Chute, D. L. (2010). Abnormal prefrontal cortical response during affective processing in borderline personality disorder. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 182(2), 117-122. doi: 10.1016/j.psychresns.2010.01.011
- Ruocco, A. C., Medaglia, J. D., Tinker, J. R., Ayaz, H., Forman, E. M., Newman, C. F., ... y Chute, D. L. (2010). Medial prefrontal cortex hyperactivation during social exclusion in borderline personality disorder. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 181(3), 233-236. doi: 10.1016/j.psychresns.2009.12.001
- Russell, M.T. y Karol, D.L. (1995): *16PF-5. Manual*. Madrid: TEA Ediciones, S.A.
- Rypma, B., Prabhakaran, V., Desmond, J. E., Glover, G. H. y Gabrieli, J. D. (1999). Load-dependent roles of frontal brain regions in the maintenance of working memory. *Neuroimage*, 9(2), 216-226. doi: 10.1006/nimg.1998.0404
- Sabatinelli, D., Fortune, E. E., Li, Q., Siddiqui, A., Krafft, C., Oliver, W. T., ... y Jeffries, J. (2011). Emotional perception: meta-analyses of face and natural scene processing. *Neuroimage*, 54(3), 2524-2533. doi: 10.1016/j.neuroimage.2010.10.011
-

-
- Sakudo, A. (2016). Near-infrared spectroscopy for medical applications: current status and future perspectives. *Clinica Chimica Acta*, 455, 181-188. doi: 10.1016/j.cca.2016.02.009
- Salzman, C. D. y Fusi, S. (2010). Emotion, cognition, and mental state representation in amygdala and prefrontal cortex. *Annual review of neuroscience*, 33, 173-202. doi: 10.1146/annurev.neuro.051508.135256
- Sampaio, A., Soares, J. M., Coutinho, J., Sousa, N. y Gonçalves, Ó. F. (2014). The Big Five default brain: functional evidence. *Brain Structure and Function*, 219(6), 1913-1922. doi: 10.1007/s00429-013-0610-y
- Sato, H., Yahata, N., Funane, T., Takizawa, R., Katura, T., Atsumori, H., ... y Fukuda, M. (2013). A NIRS-fMRI investigation of prefrontal cortex activity during a working memory task. *Neuroimage*, 83, 158-173. doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.06.043
- Sato, T., Fukuda, M., Kameyama, M., Suda, M., Uehara, T. y Mikuni, M. (2012). Differential relationships between personality and brain function in monetary and goal-oriented subjective motivation: Multichannel near-infrared spectroscopy of healthy subjects. *Psychiatry and clinical neurosciences*, 66(4), 276-284. doi: 10.1111/j.1440-1819.2012.02349.x
- Schachter, S. y Singer, J. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological review*, 69(5), 379. doi: 10.1037/h0046234
- Schandry, R. (1981). Heart beat perception and emotional experience. *Psychophysiology*, 18(4), 483-488. doi: 10.1111/j.1469-8986.1981.tb02486.x
- Schecklmann, M., Romanos, M., Bretscher, F., Plichta, M. M., Warnke, A. y Fallgatter, A. J. (2010). Prefrontal oxygenation during working memory in ADHD. *Journal of psychiatric research*, 44(10), 621-628. doi: 10.1016/j.jpsychires.2009.11.018
- Scheeren, T. W. L., Schober, P. y Schwarte, L. A. (2012). Monitoring tissue oxygenation by near infrared spectroscopy (NIRS): background and current applications. *Journal of clinical monitoring and computing*, 26(4), 279-287. doi: 10.1007/s10877-012-9348-y
-

- Scherer, K. R. (2005). What are emotions? And how can they be measured?. *Social science information*, 44(4), 695-729. doi: 10.1177/0539018405058216
- Scholkmann, F., Kleiser, S., Metz, A. J., Zimmermann, R., Pavia, J. M., Wolf, U. y Wolf, M. (2014). A review on continuous wave functional near-infrared spectroscopy and imaging instrumentation and methodology. *Neuroimage*, 85, 6-27. doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.05.004
- Schultz, C. C., Warziniak, H., Koch, K., Schachtzabel, C., Güllmar, D., Reichenbach, J. R., ... y Wagner, G. (2017). High levels of neuroticism are associated with decreased cortical folding of the dorsolateral prefrontal cortex. *European archives of psychiatry and clinical neuroscience*, 267(6), 579-584. doi: 10.1007/s00406-017-0795-9
- Schwaber, J. S., Kapp, B. S., Higgins, G. A. y Rapp, P. R. (1982). Amygdaloid and basal forebrain direct connections with the nucleus of the solitary tract and the dorsal motor nucleus. *Journal of Neuroscience*, 2(10), 1424-1438.
- Sequeira, H., Hot, P., Silvert, L. y Delplanque, S. (2009). Electrical autonomic correlates of emotion. *International journal of psychophysiology*, 71(1), 50-56. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2008.07.009
- Sereno A.B., Babin S.L., Hood A.J. y Jeter C.B. (2009) Executive Functions: Eye Movements and Neuropsychiatric Disorders. *Encyclopedia of Neuroscience* 4: 117–122 doi: 10.1016/B978-008045046-9.00420-4
- Servaas, M. N., Van Der Velde, J., Costafreda, S. G., Horton, P., Ormel, J., Riese, H. y Aleman, A. (2013). Neuroticism and the brain: a quantitative meta-analysis of neuroimaging studies investigating emotion processing. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(8), 1518-1529. doi: 10.1016/j.neubiorev.2013.05.005
- Severinghaus, John W.; Astrup, Poul B. (1986). History of blood gas analysis. VI. Oximetry. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. Volume 2, Number 4, pp. 270–288. doi: 10.1007/bf02851177
- Shenk, J. S. y Westerhaus, M. O. (1994). The application of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to forage analysis. *Forage quality, evaluation, and utilization, (foragequalityev)*, 406-449. doi: 10.2134/1994.foragequality.c10
-

-
- Sheppes, G., Suri, G. y Gross, J. J. (2015). Emotion regulation and psychopathology. *Annual review of clinical psychology, 11*, 379-405. doi: 10.1146/annurev-clinpsy-032814-112739
- Shiba, Y., Santangelo, A. M. y Roberts, A. C. (2016). Beyond the medial regions of prefrontal cortex in the regulation of fear and anxiety. *Frontiers in systems neuroscience, 10*, 12. doi: 10.3389/fnsys.2016.00012
- Shin, J., Von Lümann, A., Kim, D. W., Mehnert, J., Hwang, H. J. y Müller, K. R. (2018). Simultaneous acquisition of EEG and NIRS during cognitive tasks for an open access dataset. *Scientific data, 5*, 180003. doi: 10.1038/sdata.2018.3
- Siesler, H. W., Ozaki, Y., Kawata, S. y Heise, H. M. (Eds.). (2008). *Near-infrared spectroscopy: principles, instruments, applications*. John Wiley & Sons.
- Silva, J. R. (2011). International Affective Picture System (IAPS) in Chile: A crosscultural adaptation and validation study. *Terapia Psicológica, 29*(2). doi: 10.4067/S0718-48082011000200012
- Skurvydas, A., Valančiene, D., Šatas, A., Mickevičiene, D., Vadopalas, K. y Karanauskienė, D. (2018). Are motor and cognitive control, impulsivity and risk-taking behaviour as well as moral decision making determined by the activity of prefrontal cortex during Stroop test? *Baltic Journal of Sport & Health Sciences, (1)*. doi: 10.33607/bjshs.v1i108.7
- Smederevac, S., Mitrović, D., Čolović, P. y Nikolašević, Ž. (2014). Validation of the measure of revised reinforcement sensitivity theory constructs. *Journal of Individual Differences, 35*(1), 12–21. doi: 10.1027/1614-0001/a000121
- Snow, P. J. (2016). The Structural and Functional Organization of Cognition. *Frontiers in human neuroscience, 10*, 501. doi: 10.3389/fnhum.2016.00501
- Steinbrink J., Villringer A., Kempf F., Haux D., Boden S., Obrig H. (2006). Illuminating the BOLD signal: combined fMRI-fNIRS studies. *Magn. Reson. Imaging 24*, 495–505. doi: 10.1016/j.mri.2005.12.034
-

-
- Sternberg, S. (1966). High-speed scanning in human memory. *Science*, *153*(3736), 652-654. doi: 10.1126/science.153.3736.652
- Stevens, J. S. y Hamann, S. (2012). Sex differences in brain activation to emotional stimuli: a meta-analysis of neuroimaging studies. *Neuropsychologia*, *50*(7), 1578-1593. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2012.03.011
- Stopford, C. L., Thompson, J. C., Neary, D., Richardson, A. M. y Snowden, J. S. (2012). Working memory, attention, and executive function in Alzheimer's disease and frontotemporal dementia. *Cortex*, *48*(4), 429-446. doi: 10.1016/j.cortex.2010.12.002
- Strait, M. y Scheutz, M. (2014). What we can and cannot (yet) do with functional near infrared spectroscopy. *Frontiers in neuroscience*, *8*, 117. doi: 10.3389/fnins.2014.00117
- Strangman G., Culver J. P., Thompson J. H., Boas D. A. (2002). A quantitative comparison of simultaneous BOLD fMRI and NIRS recordings during functional brain activation. *Neuroimage* *17*, 719-731. doi: 10.1006/nimg.2002.1227
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of experimental psychology*, *18*(6), 643. doi: 10.1037/h0054651
- Stuhrmann, A., Suslow, T. y Dannlowski, U. (2011). Facial emotion processing in major depression: a systematic review of neuroimaging findings. *Biology of mood & anxiety disorders*, *1*(1), 10. doi: 10.1186/2045-5380-1-10
- Suda, M., Uehara, T., Fukuda, M., Sato, T., Kameyama, M. y Mikuni, M. (2010). Dieting tendency and eating behavior problems in eating disorder correlate with right frontotemporal and left orbitofrontal cortex: a near-infrared spectroscopy study. *Journal of psychiatric research*, *44*(8), 547-555. doi: 10.1016/j.jpsychires.2009.11.005
- Suls, J. y Martin, R. (2005). The daily life of the garden-variety neurotic: Reactivity, stressor exposure, mood spillover, and maladaptive coping. *Journal of personality*, *73*(6), 1485-1510. doi: 10.1111/j.1467-6494.2005.00356.x
-

-
- Sun, Y., Ayaz, H. y Akansu, A. N. (2015). Neural correlates of affective context in facial expression analysis: a simultaneous EEG-fNIRS study. En *2015 IEEE Global Conference on Signal and Information Processing (GlobalSIP)* (pp.820-824). doi: 10.1109/GlobalSIP.2015.7418311
- Szameitat, A. J., Saylik, R. y Parton, A. (2016). Neuroticism related differences in the functional neuroanatomical correlates of multitasking. An fMRI study. *Neuroscience letters*, 635, 51-55. doi: 10.1016/j.neulet.2016.10.029
- Tang, Y. W. y Lin, Y. D. (2017). Brain Activity Monitoring System Based on EEG-NIRS Measurement System. En *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 870, pp. 351-356). Trans Tech Publications. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.870.351
- Tanida, M., Sakatani, K. y Tsujii, T. (2012). Relation between working memory performance and evoked cerebral blood oxygenation changes in the prefrontal cortex evaluated by quantitative time-resolved near-infrared spectroscopy. *Neurological Research*, 34(2), 114-119. doi: 10.1179/1743132811Y.0000000066
- Thurstone, L. L. (1934). The vectors of mind. *Psychological review*, 41(1), 1. doi: 10.1037/h0075959
- Tirapu-Ustarroz, J., Muñoz-Céspedes, J. M. y Pelegrín-Valero, C. (2005). Memoria y funciones ejecutivas. *Revista de neurología*, 41(8), 475-484.
- Tomasi, D., Ernst, T., Caparelli, E. C. y Chang, L. (2006). Common deactivation patterns during working memory and visual attention tasks: An intra-subject fMRI study at 4 Tesla. *Human brain mapping*, 27(8), 694-705. doi: 10.1002/hbm.20211
- Tomkins, S. (1962). *Affect imagery consciousness: Volume I: The positive affects*. Springer publishing company.
- Torrubia, R., Ávila, C., Moltó, J. y Caseras, X. (2001). The Sensitivity to Punishment and Sensitivity to Reward Questionnaire (SPSRQ) as a measure of Gray's anxiety and impulsivity dimensions. *Personality and individual differences*, 31(6), 837-862. doi: 10.1016/S0191-8869(00)00183-5
-

- Tottenham, N., Tanaka, J. W., Leon, A. C., McCarry, T., Nurse, M., Hare, T. A., ... y Nelson, C. (2009). The NimStim set of facial expressions: judgments from untrained research participants. *Psychiatry research, 168*(3), 242-249. doi: 10.1016/j.psychres.2008.05.006
- Tsuchida, A. y Fellows, L. K. (2012). Are you upset? Distinct roles for orbitofrontal and lateral prefrontal cortex in detecting and distinguishing facial expressions of emotion. *Cerebral cortex, 22*(12), 2904-2912. doi: 10.1093/cercor/bhr370
- Tupes, E.C. and Christal, R.E. (1961) Recurrent Personality Factors based on Trait Ratings. USAF ASD Tech. Rep. No. 61-97, Lackland Airforce Base, TX: US Air Force.
- Tuscan, L. A., Herbert, J. D., Forman, E. M., Juarascio, A. S., Izzetoglu, M. y Schultheis, M. (2013). Exploring frontal asymmetry using functional near-infrared spectroscopy: a preliminary study of the effects of social anxiety during interaction and performance tasks. *Brain imaging and behavior, 7*(2), 140-153. doi: 10.1007/s11682-012-9206-z
- Ueda, I., Kakeda, S., Watanabe, K., Sugimoto, K., Igata, N., Moriya, J., ... y Korogi, Y. (2018). Brain structural connectivity and neuroticism in healthy adults. *Scientific reports, 8*(1), 16491. doi: 10.1038/s41598-018-34846-1
- Vila, J y Guerra, P. (2009). *Una introducción a la psicofisiología clínica*. Madrid: Ediciones Pirámide
- Vila, J., Morato, C., Lucas, I., Guerra, P., Castro-Laguardia, A. M. y Bobes, M. A. (2019). The affective processing of loved familiar faces and names: Integrating fMRI and heart rate. *PloS one, 14*(4), e0216057. doi: 10.1371/journal.pone.0216057
- Vila, J., Sánchez, M., Ramírez, I., Fernández, M., Cobos, P., Rodríguez, S., ... y Pastor, M. C. et ál.,(2001). El sistema internacional de imágenes afectivas (IAPS): Adaptación española, Segunda parte. *Revista de Psicología General y Aplicada, 54*(4), 635-657.
- Villringer, A., Planck, J., Hock, C., Schleinkofer, L. y Dirnagl, U. (1993). Near infrared spectroscopy (NIRS): a new tool to study hemodynamic changes during activation of brain function in human
-

-
- adults. *Neuroscience letters*, 154(1-2), 101-104. doi: 10.1016/0304-3940(93)90181-j
- Villringer, K., Minoshima, S., Hock, C., Obrig, H., Ziegler, S., Dirnagl, U., ... y Villringer, A. (1997). Assessment of local brain activation. En *Optical Imaging of Brain Function and Metabolism 2* (pp. 149-153). Springer, Boston, MA. doi: 10.1007/978-1-4899-0056-2_16
- Vrana, S. R. (1993). The psychophysiology of disgust: Differentiating negative emotional contexts with facial EMG. *Psychophysiology*, 30(3), 279-286. doi: 10.1111/j.1469-8986.1993.tb03354.x
- Vrana, S. R. y Rollock, D. (2002). The role of ethnicity, gender, emotional content, and contextual differences in physiological, expressive, and self-reported emotional responses to imagery. *Cognition & Emotion*, 16(1), 165-192. doi: 10.1080/02699930143000185
- Vrana, S. R., Spence, E. L. y Lang, P. J. (1988). The startle probe response: a new measure of emotion?. *Journal of abnormal psychology*, 97(4), 487. doi: 10.1037//0021-843x.97.4.487
- Vuilleumier, P. (2005). How brains beware: neural mechanisms of emotional attention. *Trends in cognitive sciences*, 9(12), 585-594. doi: 10.1016/j.tics.2005.10.011
- Vuilleumier, P. y Pourtois, G. (2007). Distributed and interactive brain mechanisms during emotion face perception: evidence from functional neuroimaging. *Neuropsychologia*, 45(1), 174-194. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2006.06.003
- Vuilleumier, P., Armony, J. L., Driver, J. y Dolan, R. J. (2001). Effects of attention and emotion on face processing in the human brain: an event-related fMRI study. *Neuron*, 30(3), 829-841. doi: 10.1016/s0896-6273(01)00328-2
- Walker, B. R., Jackson, C. J. y Frost, R. (2017). A comparison of revised reinforcement sensitivity theory with other contemporary personality models. *Personality and Individual Differences*, 109, 232-236. doi: 10.1016/j.paid.2016.12.053
- Wang, H., He, W., Wu, J., Zhang, J., Jin, Z. y Li, L. (2019). A coordinate-based meta-analysis of the n-back working memory paradigm using
-

activation likelihood estimation. *Brain and cognition*, 132, 1-12. doi: 10.1016/j.bandc.2019.01.002

Wang, M. Y., Zhang, J., Lu, F. M., Xiang, Y. T. y Yuan, Z. (2018). Neuroticism and conscientiousness respectively positively and negatively correlated with the network characteristic path length in dorsal lateral prefrontal cortex: A resting-state fNIRS study. *Brain and Behavior*, 8(9), e01074. doi: 10.1002/brb3.1074

Wayne, R. (2009). *Plant cell biology: From astronomy to zoology*. Burlington: Academic Press. doi: 10.1093/aob/mcq161

Weber, E. U. (1994). From subjective probabilities to decision weights: The effect of asymmetric loss functions on the evaluation of uncertain outcomes and events. *Psychological Bulletin*, 115(2), 228.

Whiteside, S. P., Lynam, D. R., Miller, J. D. y Reynolds, S. K. (2005). Validation of the UPPS impulsive behaviour scale: a four-factor model of impulsivity. *European Journal of Personality: Published for the European Association of Personality Psychology*, 19(7), 559-574. doi: 10.1556/2006.6.2017.001

Witte, M., Ninaus, M., Kober, S. E., Neuper, C. y Wood, G. (2015). Neuronal correlates of cognitive control during gaming revealed by near-infrared spectroscopy. *PloS one*, 10(8), e0134816. doi: 10.1371/journal.pone.0134816

Wu, S., Gao, L., Chen, C., Li, J. y He, S. (2018). Resting-state functional connectivity in prefrontal cortex investigated by functional near-infrared spectroscopy: A longitudinal and cross-sectional study. *Neuroscience letters*, 683, 94-99. doi: 10.1016/j.neulet.2018.06.034

Yamashita Y, Maki A, Ito Y, Watanabe E, Mayanagi Y, Koizumi H. (1996). Noninvasive near-infrared topography of human brain activity using intensity modulation spectroscopy. *Optical Engineering*, 35, 1046-9. doi: 10.1117/1.600721

Yokoyama, C., Kaiya, H., Kumano, H., Kinou, M., Umekage, T., Yasuda, S., ... y Hara, N. (2015). Dysfunction of ventrolateral prefrontal cortex underlying social anxiety disorder: A multi-channel NIRS

-
- study. *NeuroImage: Clinical*, 8, 455-461. doi: 10.1016/j.nicl.2015.05.011
- Zilles, K. y Amunts, K. (2010). Centenary of Brodmann's map—conception and fate. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(2), 139. doi: 10.1038/nrn2776
- Zou, L., Su, L., Qi, R., Zheng, S. y Wang, L. (2018). Relationship between extraversion personality and gray matter volume and functional connectivity density in healthy young adults: an fMRI study. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 281, 19-23. doi: 10.1016/j.psychresns.2018.08.018
- Zuckerman, M. (1991). *Psychobiology of personality* (Vol. 10). Cambridge University Press.
- Zuckerman, M. (1994). Behavioral expressions and biosocial bases of sensation seeking. Cambridge University Press.
- Zuckerman, M. (1995). Good and bad humors: Biochemical bases of personality and its disorders. *Psychological science*, 6(6), 325-332. doi: 10.1111/j.1467-9280.1995.tb00521.x
- Zuckerman, M. (2014). *Sensation seeking (psychology revivals): beyond the optimal level of arousal*. London: Psychology Press. doi: 10.4324/9781315755496
- Zuckerman, M., (2015). Sensation seeking: behavioral expressions and biosocial bases. In: James, D., Wright (Eds.), *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*. Elsevier, pp.607–614. doi: 10.1016/b978-0-08-097086-8.25036-8
- Zuckerman, M., Eysenck, S. B. y Eysenck, H. J. (1978). Sensation seeking in England and America: cross-cultural, age, and sex comparisons. *Journal of consulting and clinical psychology*, 46(1), 139. doi: 10.1037//0022-006x.46.1.139
- Zuckerman, M., Kolin, E. A., Price, L. y Zoob, I. (1964). Development of a sensation-seeking scale. *Journal of consulting psychology*, 28(6), 477. doi: 10.1037/h0040995
- Zuckerman, M., Kuhlman, D. M. y Camac, C. (1988). What lies beyond E and N? Factor analyses of scales believed to measure basic dimensions of
-

personality. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54, 96– 107.
doi: 10.1037/0022-3514.54.1.96

Zuckerman, M., Kuhlman, D. M., Joireman, J., Teta, P. y Kraft, M. (1993). A comparison of three structural models for personality: The Big Three, the Big Five, and the Alternative Five. *Journal of personality and social psychology*, 65(4), 757. doi: 10.1037/0022-3514.65.4.757

Zuckerman, M., Kuhlman, D. M., Thornquist, M. y Kiers, H. (1991). Five (or three) robust questionnaire scale factors of personality without culture. *Personality and Individual Differences*, 12(9), 929-941. doi: 10.1016/0191-8869(91)90182-B

5. ANEXOS

 I. Zuckerman-Kuhlman-Aluja Personality Questionnaire (ZKA-PQ)

ZKA-PQ© (Aluja, Kuhlman y Zuckerman, 2010)

Instrucciones:

A continuación, se presentan varias frases que describen maneras de pensar y actuar de las personas. Por favor, indique el grado de **desacuerdo** o **acuerdo** en su caso en referencia a las frases. Si usted no ha experimentado esa circunstancia, por favor, intente describir cómo actuaría o lo que pensaría de encontrarse en esa situación. Si usted está **"Muy en desacuerdo"**, escriba **1**, si usted está **"Algo en desacuerdo"** escriba **2**, si usted está **"Algo de acuerdo"** escriba **3**, y si usted está **"Muy de acuerdo"** escriba **4**. Por favor, no deje ninguna respuesta en blanco.

1. Muy en desacuerdo **2.** Algo en desacuerdo **3.** Algo de acuerdo **4.** Muy de acuerdo

1. ___ Si tengo que recurrir a la violencia para proteger mis derechos, puedo hacerlo.
 2. ___ Disfruto con las sensaciones de ir rápido en coche.
 3. ___ Se me conoce por las muchas horas que yo trabajo.
 4. ___ Normalmente estoy contento.
 5. ___ Me siento a menudo tenso/a sin razón aparente.
 6. ___ Cuando no estoy de acuerdo con mis amigos/as, discuto abiertamente con ellos/as.
 7. ___ Me gustaría ir de viaje sin rutas ni horarios planeados o definitivos.
 8. ___ Me gusta estar haciendo cosas en todo momento.
 9. ___ Los demás piensan que soy una persona amable.
 10. ___ A menudo tengo ganas de llorar.
 11. ___ Algunos de mis amigos/as piensan que tengo "prontos" con frecuencia.
 12. ___ Probaré cualquier cosa una vez.
 13. ___ Como más lento/a que la mayoría de la gente.
 14. ___ Me gusta divertir a los demás en las reuniones sociales.
 15. ___ Yo tiendo ser el hipersensible y fácilmente me siento herido/a por los comentarios y acciones de los demás.
 16. ___ Soy una persona nada resentida.
 17. ___ Prefiero los amigos que son impredecibles porque me resulta excitante.
 18. ___ Cuando tengo que hacer un trabajo yo le dedico toda mi energía.
 19. ___ Soy una persona muy sociable.
 20. ___ Yo a veces temo no estar a la altura de las exigencias de la vida.
 21. ___ Si se me provoca lo suficiente, puedo golpear a otra persona.
 22. ___ Me gustan algunas actividades físicas que implican algo de riesgo.
 23. ___ Mis colegas saben que entro temprano a trabajar y que siempre salgo tarde.
 24. ___ Normalmente estoy de buen humor.
 25. ___ A menudo me siento inquieto.
-

1. Muy en desacuerdo 2. Algo en desacuerdo 3. Algo de acuerdo 4. Muy de acuerdo

26. ___ Prefiero dar la razón en una discusión que seguir discutiendo.
 27. ___ Disfruto cuando me encuentro en situaciones nuevas en las cuales no puedes predecir como saldrán las cosas.
 28. ___ No me gusta perder el tiempo sentándome simplemente y relajándome.
 29. ___ Los demás dicen que soy una persona afectuosa.
 30. ___ A veces me siento deprimido/a.
 31. ___ Soy una persona apacible y nada irascible.
 32. ___ Me gustan las fiestas locas y desinhibidas.
 33. ___ Frecuentemente hago más de una cosa a la vez (comer, trabajar, leer, escuchar música, ver la TV.).
 34. ___ Me gusta hablar en público.
 35. ___ Después de comprar algo a menudo dudo si ha sido la mejor elección.
 36. ___ Me pregunto por qué algunas veces me siento tan hostil con lo que me rodea.
 37. ___ Me pongo inquieto/a si tengo que pasar tiempo en casa.
 38. ___ Yo rindo a plena capacidad en lo referente a mi trabajo.
 39. ___ Tengo una rica vida social.
 40. ___ Yo no estoy muy seguro/a sobre mi o mi capacidad.
 41. ___ Si alguien me pega, le respondo pegándole también.
 42. ___ Prefiero los deportes o las actividades de movimiento rápido.
 43. ___ Mi trabajo es importante para mí.
 44. ___ Hay muchas cosas en mi vida que me entusiasman agradablemente.
 45. ___ Soy una persona muy nerviosa.
 46. ___ Cuando la gente me molesta, les digo lo que pienso de ellos/as.
 47. ___ Me gustaría un tipo de vida que implique estar viajando mucho y con muchos cambios y emociones.
 48. ___ Puedo disfrutar simplemente recostándome y permaneciendo sin hacer nada.
 49. ___ Soy una persona abierta y agradable.
 50. ___ Los pensamientos negativos a veces me obsesionan.
 51. ___ Controlo bien mi genio.
 52. ___ Me gusta dejarme llevar y hacer cosas de forma impulsiva para divertirme.
 53. ___ Cuando tengo que hacer cola en un restaurante, tienda u oficina bancaria lo acepto con calma.
 54. ___ Los demás piensan que soy divertido/a.
 55. ___ Sin la ayuda de otros yo encuentro a veces difícil de llevar a cabo mis planes.
 56. ___ Cuando me siento contrariado/a puedo ser algo cínico/a.
 57. ___ Me gusta pasar tiempo en el entorno familiar de mi casa.
 58. ___ Yo me esfuerzo tanto como puedo para tener el éxito en mi trabajo.
 59. ___ En las fiestas inicio fácilmente la conversación.
 60. ___ Yo pienso a menudo que los demás son mejores que yo.
 61. ___ Si es necesario defiendo mis derechos mediante la fuerza.
 62. ___ Me gustaría aprender a volar en avión.
 63. ___ Muy frecuentemente me llevo a casa tareas relacionadas con mi trabajo.
 64. ___ Yo disfruto mis actividades diarias.
 65. ___ Me preocupo a menudo por cosas que los otros piensan que no son importantes.
 66. ___ Controlo bien mi tono de voz, aunque alguien grite.
 67. ___ Me gustaría viajar a lugares del extranjero donde la gente es muy diferente a la de mi país.
 68. ___ No siento la necesidad de estar haciendo cosas todo el tiempo.
 69. ___ En mis relaciones con los demás muestro escaso calor emocional.
 70. ___ A veces me parece que me falta energía.
 71. ___ Cuando me siento frustrado/a, suelo mostrar mi irritación.
 72. ___ Voy a las fiestas para conocer gente apasionante y estimulante.
 73. ___ Tiendo a hacer las cosas lentamente y con calma.
-

1. Muy en desacuerdo 2. Algo en desacuerdo 3. Algo de acuerdo 4. Muy de acuerdo

74. ___ Me gusta ser el centro de atención en una reunión.
 75. ___ Antes de tomar una decisión importante siempre pido consejo a las personas más cercanas.
 76. ___ Soy de los que piensan, al repasar mi vida, que soy alguien afortunado/a.
 77. ___ Soy educado/a y atento/a con alguien, aunque no encuentre su conversación interesante.
 78. ___ Utilizo todos mis recursos para lograr mis objetivos de trabajo.
 79. ___ Me gusta participar en las actividades organizadas por mis amigos/as.
 80. ___ Me siento a menudo inseguro/a.
 81. ___ Aunque me provoquen tiendo a ser dócil y nada peleón/a.
 82. ___ Creo que disfrutaría trabajando de bombero/a.
 83. ___ No me importa quedarme un rato en mi trabajo para terminar algo urgente.
 84. ___ Yo normalmente soy una persona viva.
 85. ___ Me cuesta bastante concentrarme en una tarea o trabajo
 86. ___ Es natural para mí soltar palabrotas cuando estoy enfadado/a.
 87. ___ Me gusta la gente singular o diferente a la mayoría.
 88. ___ En mis días libres prefiero practicar deportes que simplemente descansar sin hacer nada.
 89. ___ Soy una persona más bien fría con los demás.
 90. ___ A veces me resulta difícil concentrarme.
 91. ___ Tengo un temperamento fuerte.
 92. ___ No reprimo mis impulsos de tener experiencias excitantes.
 93. ___ Me dicen que siempre voy con prisas a todas partes.
 94. ___ Me gusta hacer bromas y contar historias divertidas.
 95. ___ Yo me siento desamparado/a si nadie puede aconsejarme.
 96. ___ No puedo evitar ser un poco maleducado/a con la gente que no me gusta.
 97. ___ Tengo una actitud reservada y cauta hacia la vida.
 98. ___ Yo no hago un gran esfuerzo en el trabajo.
 99. ___ Me gusta estar con mis amigos/as la mayoría de las veces.
 100. ___ Me siento algo decepcionado/a cuando evalúo mis esfuerzos.
 101. ___ Debo reconocer que en ocasiones he utilizado la violencia física.
 102. ___ Si estuviera en el ejército, a lo mejor me presentaría voluntario/a para misiones emocionantes pero peligrosas.
 103. ___ Yo probablemente no me retiraré nunca de mi trabajo.
 104. ___ Yo me considero una persona desafortunada.
 105. ___ Yo no me preocupo por las cosas insignificantes.
 106. ___ Soy muy comedido/a con mis palabras y nunca devuelvo un insulto.
 107. ___ Disfruto de muchos tipos de música rock cañera a todo volumen.
 108. ___ Me gusta estar activo/a desde el momento en que me levanto por la mañana.
 109. ___ Tiendo a ser reservado/a y distante con los demás.
 110. ___ No me siento particularmente culpable.
 111. ___ Nunca pierdo los papeles, aunque me siento muy enfadado/a.
 112. ___ Prefiero las fiestas tranquilas donde se pueda tener una buena conversación.
 113. ___ Cuando se me mete una idea en la cabeza no paro hasta poder llevarla a cabo.
 114. ___ La gente disfruta de mis ocurrencias en las conversaciones.
 115. ___ Me considero el amo/a de mi destino.
 116. ___ Tengo siempre paciencia con los otros, aunque sean irritantes.
 117. ___ Mi razonamiento es normalmente prudente y sensato.
 118. ___ Cuando trabajo, si nadie me ve tiendo a relajarme.
 119. ___ Me gusta trabajar en grupo.
 120. ___ Generalmente me siento bastante orgulloso/a de mí.
 121. ___ Es mejor que no me provoquen, pues puedo responder físicamente.
-

1. Muy en desacuerdo 2. Algo en desacuerdo 3. Algo de acuerdo 4. Muy de acuerdo

122. ___ No me gusta participar en deportes o actividades que implican un gran riesgo de lesión.
123. ___ Si yo no pudiera trabajar me deprimiría.
124. ___ Yo no estoy interesado en muchas cosas.
125. ___ Yo no permito que me irriten cosas triviales o sin importancia.
126. ___ Cuando la gente me grita, respondo gritando.
127. ___ No me gustaría un trabajo requiera viajar mucho.
128. ___ No me interesa mantenerme ocupado.
129. ___ Tiendo a ser una persona inaccesible, incluso con las personas que están más cerca de mí.
130. ___ No me preocupo demasiado por los fracasos temporales.
131. ___ Tengo poca paciencia cuando alguien hace que me enfade.
132. ___ No me interesa tener nuevas experiencias solo por tener nuevas sensaciones.
133. ___ Los que me conocen me dicen que camino muy lento/a.
134. ___ Soy una persona inhibida y no me gusta destacar en el grupo.
135. ___ La ausencia de personas de confianza para aconsejarme no me impide tomar decisiones importantes.
136. ___ Rara vez me comporto de forma hostil con los demás.
137. ___ No me gusta empezar un proyecto hasta que sé exactamente cómo proceder.
138. ___ En el trabajo hago lo justo para que no me llamen la atención.
139. ___ Me siento incómodo/a en fiestas con mucha gente.
140. ___ Tengo una actitud positiva hacia mí mismo/a.
141. ___ Si alguien me insulta tiendo a ser agresivo/a, incluyendo el uso de la fuerza.
142. ___ No creo que me gustara volar en una avioneta.
143. ___ Para mí trabajar es como una droga.
144. ___ No encuentro satisfacción particular en estar con los demás.
145. ___ Yo estoy generalmente relajado/a.
146. ___ Generalmente me callo la mala opinión que tengo de los demás.
147. ___ No me gusta la gente que se comporta de forma descontrolada o poco convencional.
148. ___ Me gusta mantenerme ocupado/a todo el tiempo.
149. ___ Me considero una persona seria y con dificultades de expresar mis sentimientos.
150. ___ Nunca he deseado morirme.
151. ___ Si me siento atacado/a me altero y tiendo a perder los nervios.
152. ___ Disfruto de la música melódica y tranquila, clásica o popular.
153. ___ Tiendo a ser inquieto/a y siempre ocupado/a con algo.
154. ___ Cuando tengo que hablar de mí en una reunión me siento incómodo/a.
155. ___ Yo necesito ser amado/a para sentir que valgo la pena.
156. ___ Me alegro cuando a ciertas personas les van mal las cosas.
157. ___ Tiendo a valorar y a seguir un planteamiento racional y moderado de las cosas.
158. ___ Cuando yo trabajo realmente me empleo a fondo.
159. ___ Los demás me consideran solitario/a.
160. ___ Estoy satisfecho/a conmigo mismo/a.
161. ___ No creo que llegara a las manos con alguien que me provoque.
162. ___ Si tuviera elección nunca me presentaría voluntario a cualquier actividad que implique riesgo físico.
163. ___ Mi trabajo es mi principal placer en la vida.
164. ___ No puedo entusiasarme por la mayoría de las cosas.
165. ___ Yo no soy ansioso/a.
166. ___ Cuando creo que alguien no tiene razón no puedo evitar comentárselo.
167. ___ Me siento cómodo con la familiaridad de una rutina diaria fija.
-

1. Muy en desacuerdo 2. Algo en desacuerdo 3. Algo de acuerdo 4. Muy de acuerdo

168. ___ Estar continuamente activo/a es una forma de mantenerse joven.
 169. ___ Tengo dificultades en expresar mi cariño.
 170. ___ Me gustaría ser tan feliz como parecen ser otros.
 171. ___ Ante situaciones que me causan frustración tiendo a mantener la calma.
 172. ___ No se debe ir demasiado rápido a la hora de intimar físicamente hasta que se conozca bien a la otra persona.
 173. ___ No puedo permanecer mucho tiempo sentado/a o en una misma posición.
 174. ___ A veces hablo demasiado de mí mismo/a.
 175. ___ Pierdo la confianza en mí mismo cuando alguien a quien quiero es crítico/a conmigo.
 176. ___ Tiendo a criticar a los demás, aunque a veces no me doy cuenta.
 177. ___ Suelo decidirme después de pensar bien las cosas.
 178. ___ Me siento plenamente realizado/a en mi trabajo y me implico mucho.
 179. ___ Salir solo no me molesta, y lo prefiero a salir con un grupo grande.
 180. ___ Tengo poca confianza en mí mismo/a.
 181. ___ Si alguien me provoca severamente es probable que nos enzarcemos en una pelea.
 182. ___ Nunca viajaría a países donde hay inestabilidad y posible violencia.
 183. ___ Creo que cuando me jubile echaré de menos el trabajo.
 184. ___ Estoy aburrido durante mucho tiempo.
 185. ___ A menudo me vienen a la cabeza pensamientos sin importancia que me molestan.
 186. ___ Nunca digo tacos, aunque esté irritado/a.
 187. ___ Yo preferiría viajar a lugares dónde las personas hablan mi idioma y tienen las mismas costumbres.
 188. ___ Desde que me despierto hasta que me voy a la cama, no paro de hacer cosas.
 189. ___ Me cuesta demostrar afecto, incluso a mis amigos y familiares.
 190. ___ En ocasiones me siento irritado y me molesta estar con los demás.
 191. ___ Me enfado con facilidad.
 192. ___ Uno de mis objetivos principales en la vida es experimentar intensas y agradables sensaciones.
 193. ___ Mis amigos piensan que soy una persona inquieta o incluso algo hiperactiva.
 194. ___ No me gusta hablar de mí mismo/a.
 195. ___ No me preocupa lo que los demás piensen de mí.
 196. ___ Me irrito con facilidad cuando no me salen bien las cosas.
 197. ___ Antes de meterme en una situación nueva me gusta saber lo que puedo esperar de ella.
 198. ___ Estoy poco motivado/a por el trabajo y lo hago por necesidad.
 199. ___ Generalmente prefiero hacer las cosas solo/a.
 200. ___ Me gustaría tener más respeto por mí mismo/a.

Plantilla de corrección en programación en SPSS:

```
RECODE
z81, z161,
z122, z142, z162, z182,
z104, z124, z144, z164, z184,
z105, z125, z145, z165,
z26, z66, z106, z146, z186,
z127, z147, z167, z187,
z48, z68, z128,
z69, z89, z109, z129, z149, z169, z189,
```

z110, z130, z150,
z31, z51, z111, z171,
z112, z132, z152, z172,
z13, z53, z73, z133,
z134, z154, z194,
z115, z135, z195,
z16, z76, z116, z136,
z57, z77, z97, z117, z137, z157, z177, z197,
z98, z118, z138, z198,
z139, z159, z179, z199,
z120, z140, z160 (4=1)(3=2)(2=3)(1=4).
COMPUTE AG1=z1+z21+z41+z61+z81+z101+z121+z141+z161+z181.
COMPUTE SS1=z2+z22+z42+z62+z82+z102+z122+z142+z162+z182.
COMPUTE AC1=z3+z23+z43+z63+z83+z103+z123+z143+z163+z183.
COMPUTE EX1=z4+z24+z44+z64+z84+z104+z124+z144+z164+z184.
COMPUTE NE1=z5+z25+z45+z65+z85+z105+z125+z145+z165+z185.
COMPUTE AG2=z6+z26+z46+z66+z86+z106+z126+z146+z166+z186.
COMPUTE SS2=z7+z27+z47+z67+z87+z107+z127+z147+z167+z187.
COMPUTE AC2=z8+z28+z48+z68+z88+z108+z128+z148+z168+z188.
COMPUTE EX2=z9+z29+z49+z69+z89+z109+z129+z149+z169+z189.
COMPUTE NE2=z10+z30+z50+z70+z90+z110+z130+z150+z170+z190.
COMPUTE AG3=z11+z31+z51+z71+z91+z111+z131+z151+z171+z191.
COMPUTE SS3=z12+z32+z52+z72+z92+z112+z132+z152+z172+z192.
COMPUTE AC3=z13+z33+z53+z73+z93+z113+z133+z153+z173+z193.
COMPUTE EX3=z14+z34+z54+z74+z94+z114+z134+z154+z174+z194.
COMPUTE NE3=z15+z35+z55+z75+z95+z115+z135+z155+z175+z195.
COMPUTE AG4=z16+z36+z56+z76+z96+z116+z136+z156+z176+z196.
COMPUTE SS4=z17+z37+z57+z77+z97+z117+z137+z157+z177+z197.
COMPUTE AC4=z18+z38+z58+z78+z98+z118+z138+z158+z178+z198.
COMPUTE EX4=z19+z39+z59+z79+z99+z119+z139+z159+z179+z199.
COMPUTE NE4=z20+z40+z60+z80+z100+z120+z140+z160+z180+z200.
EXECUTE.

COMPUTE SS=SS1+SS2+SS3+SS4.
COMPUTE AG=AG1+AG2+AG3+AG4.
COMPUTE AC=AC1+AC2+AC3+AC4.
COMPUTE NE=NE1+NE2+NE3+NE4.
COMPUTE EX=EX1+EX2+EX3+EX4.
EXECUTE.

VAR LABELS
NE1 'NE1Anxiety'
NE2 'NE2 Depression'
NE3 'NE3 Dependence'
NE4 'NE4 Low Self-esteem'
AG1 'AG1 Physical Aggression'
AG2 'AG2 Verbal Aggression'
AG3 'AG3 Anger'
AG4 'AG4 Hostility'
EX1 'EX1Positive Emotions'
EX2 'EX2 Social Warmth'
EX3 'EX3 Exhibicionism'
EX4 'EX4 Sociability'
SS1 'SS1Thrill and Adventure Seeking'
SS2 'SS2 Experience Seeking'
SS3 'SS3 Desinhibition'
SS4 'SS4 Boredom Susceptibilit/Impulsivity'
AC1 'AC1Work Compulsion'
AC2 'AC2 General Activity'
AC3 'AC3 Restlessness'
AC4 'AC4 Work Energy'
SS 'Sensation Seeking factor'
AC 'Activity factor'

NE 'Neuroticism factor'
AG 'Aggressiveness factor'
EX 'Extraversion factor'.
EXECUTE.

Interpretación:

AG1: Physical Aggression (PA):

La persona que puntúa 70 o más en esta faceta es probablemente una persona muy agresiva cuando se siente provocado o alguien se le insinúa. La agresividad se expresa a través de la fuerza física. Esta persona es probable que en el pasado haya tenido tropiezos o peleas con los demás. Una puntuación de 60 o más es propia de personas que tienden a expresar agresividad física. Los sujetos que puntúan en torno a 40 son más bien personas amables y difíciles de provocar. Los que obtienen puntuaciones en torno a 30 son pasivos, nada agresivos y tienden a evitar los conflictos y huyen de peleas o contacto físico incluso cuando se les provoca.

SS1: Thrill and Adventure Seeking (TAS)

Esta faceta mide un rasgo de personalidad consistente en buscar o experimentar nuevas emociones o aventuras. Los sujetos con puntuaciones superiores a 70 son buscadores de sensaciones y están dispuestos a arriesgarse realizando actividades de aventura y riesgo. Esas características se encuentran de forma más moderada en los sujetos que obtienen puntuaciones T entre 60 y 55. En cambio los sujetos bajos en esta faceta (entre 30 y 45 puntos) son personas que no están motivados por vivir experiencias excitantes como ir en una avioneta o muy rápido en coche o asumir riesgos para hacer subir la adrenalina. Son más bien pasivos y amantes de la vida tranquila, sin aventuras ni riesgos.

AC1: Work Compulsion (WC)

La persona que puntúa más de 70 en esta faceta es una persona muy dedicada al trabajo y lo considera como lo más importante en la vida. Es una persona que vive para trabajar y trabaja de una forma compulsiva. Trabaja muchas horas e incluso se lleva trabajo a casa. Extraña el trabajo y se aburre cuando no hace nada. Estas personas son adictas al trabajo. En menor medida estas características se encuentran en personas con puntuaciones entre 60 y 70. Los bajos en esta faceta 30-40 son personas que tienen una actitud muy relajada ante el trabajo. Trabajan forzados, sin interés y por obligación.

EX1: Positive Emotions (PE)

Puntuaciones elevadas por encima de 70 se encuentran en personas optimistas ante la vida, satisfechas y positivas. Son gente contenta, alegre y que tienden a ver el lado positivo de la vida. Disfrutan de las cosas de la vida diaria y habitualmente sonrían y dan una impresión de felicidad. En menor medida se dan estas características en los sujetos con puntuaciones superiores a 60. Los bajos en esta faceta (30- 40) son personas pesimistas, resentidos, malhumorados e insatisfechos. Son personas negativas. Los más extremos son introvertidos y tienden a deprimirse. Sobre todo, si son altos en NE1.

NE1: Anxiety (Anx)

Esta faceta mide el rasgo de ansiedad. Los sujetos con puntuaciones extremas se sienten tensos, a menudo sin ningún motivo aparente. Son personas inquietas y nerviosas. Se preocupan y dan muchas vueltas a cosas sin importancia aparente. Les cuesta concentrarse en su trabajo, ya que se encuentran a menudo concentrados en pensamientos y preocupaciones. Los sujetos con puntuaciones bajas y por debajo de una o dos desviaciones manifiestan comportamientos contrarios a los descritos. Por ejemplo, los sujetos con puntuaciones de 40 o menos son personas tranquilas, estables emocionalmente, ponderadas y seguras. No se preocupan por cosas insignificantes y generalmente están relajadas y tranquilas.

AG2: Verbal Aggression (VA)

Esta faceta forma parte de la dimensión de agresividad-hostilidad y mide rasgos de agresividad verbal. Las puntuaciones extremas corresponden a sujetos que suelen discutir, mal hablados, ruidosos, maleducados y que ante cualquier insinuación o desacuerdo recurren al insulto. Dicen lo que piensan sin importarles las consecuencias. Por el contrario, los sujetos con puntuaciones muy bajas en esta faceta son personas consideradas en su forma de hablar y dirigirse a los demás. A pesar de ser provocados, no responden a los insultos. Mantienen su tono de voz y raramente utilizan palabrotas para responder a una provocación. Evitan a los individuos maleducados o que simplemente insultan como forma de relación. Aceptan que no siempre tienen la razón.

SS2: Experience Seeking (ES)

Si el examinado ha obtenido una puntuación de 70 o más en esta faceta, seguramente es una persona a quien le gustan las experiencias nuevas y está siempre dispuesta/o a vivirlas. Le gustan los viajes exóticos, los cambios y las nuevas emociones. Prefiere situaciones nuevas o impredecibles en la rutina diaria o el aburrimiento. En general disfruta y busca situaciones que requieran emociones fuertes. Es poco convencional o informal. Por debajo de una puntuación de 40 se encuentran personas

formales en sus hábitos y costumbres. Prefieren las cosas conocidas a las desconocidas. Son gente de casa y no necesitan emociones fuertes mediante viajes o de otro tipo. Se entretienen bien en casa y difícilmente buscan actividad. Les gusta estar con la familia tranquilos/as y relajados/as. Esta faceta, como las otras de la dimensión de búsqueda de sensaciones, está moderada por la edad. Los jóvenes tienden a tener puntuaciones más elevadas y los hombres más que las mujeres.

AC2: General Activity (GA)

Esta es una faceta de la dimensión de Actividad. Mide rasgos de la actividad general que corresponden a sujetos que les gusta hacer todo tipo de cosas en todo momento. Son individuos que odian la inactividad y siempre apuntan a algo. Les gusta estar ocupados siempre. Creen que mantenerse activo es una forma de mantenerse joven. Son personas que no paran de hacer cosas. Estas personas obtienen puntuaciones superiores a 60 y en los casos de sujetos muy activos se puede superar la puntuación de 70. Las puntuaciones bajas de a partir de 40 o menores se encuentran en sujetos sedentarios, que disfrutan no haciendo nada o relajándose. Suelen ser sujetos pasivos que se mueven del sofá y les cuesta iniciar cualquier actividad que suponga una cierta movilidad física. También se encuentran en este extremo sujetos poco trabajadores.

EX2: Social Warmth (SW)

Esta faceta denominada afecto o estimación social hace referencia a personas amables y consideradas con los demás. Son personas cariñosas, amorosas y agradables en el trato. Les gusta relacionarse con los demás, son abiertas y participativas. Los otros las aceptan de buen grado, dado que no manifiestan hostilidad ni desconfianza. Son personas accesibles y bien aceptadas en el grupo, tanto en el trabajo como en los grupos de ocio. Estas consideraciones serán más extremas en el caso de sujetos con puntuaciones de 70 o más, aunque a partir de 60 se encuentran en menor medida estos rasgos. Los sujetos que puntúan bajo se encuentran en el polo inverso, por lo que la interpretación de sus puntuaciones a partir de 40 irá en sentido contrario. Es decir, las personas con puntuaciones bajas serán hostiles, frías y distantes. Probablemente también tendrán puntuaciones elevadas en la faceta de hostilidad.

NE2: Depression (D)

Quien obtenga una puntuación a partir de una nota T de 70 es probable que sea una persona depresiva o muy pesimista. De hecho, si la persona evaluada ha respondido con franqueza a todos los ítems puede tratarse de una persona con algún tipo de trastorno depresivo que debería ser evaluado por un profesional de la salud mental. Puntuaciones alrededor de 60 son indicativas de personas que se sienten inútiles, con persistentes ganas de llorar, presentan dificultades de concentración y se consideran muy poco

agraciadas. Las puntuaciones iguales o más bajas de 40 se interpretan en la dirección contraria, ya que seguramente se trata de personas optimistas, contentas consigo mismas y de humor positivo. Estas descripciones tendrán más fuerza en el caso de sujetos con puntuaciones muy bajas o alrededor de 30 puntos.

AG3: Anger (Ang)

Esta faceta mide el rasgo de la ira. Las personas con puntuaciones elevadas son irascibles y con mal genio. Tienen un temperamento fuerte. Se alteran fácilmente y son malhumorados. SE enfadan con facilidad y tienden a tener arrebatos. En casos determinados pueden presentar explosiones del carácter o berrinches de corta duración. Estas personas se irritan con facilidad. La ira la pueden expresar de forma interna o externa. Las personas con puntuaciones bajas difícilmente pierden el control. Les cuesta enfadarse y son amables en general. Tienen paciencia y tolerancia.

SS3: Disinhibition (Dis)

Puntuaciones elevadas en esta faceta se encuentran en sujetos desinhibidos que buscan sensaciones excitantes y novedosas. Les atrae enormemente el sexo, las fiestas, el alcohol e incluso las drogas. Son personas impulsivas que se dejan llevar por el placer, sin importarles demasiado las consecuencias inmediatas de sus conductas. Habitualmente puntuaciones elevadas se correlacionan con puntuaciones también elevadas en las otras tres escalas del dominio de búsqueda de sensaciones. Los jóvenes puntúan más que los sujetos de mayor edad, y los hombres más que las mujeres. Puntuaciones bajas se dan en gente más bien formal o convencional en sus intereses, también prefieren la música melódica al rock o la música estridente. Les cuesta decidirse a la hora de intimar con personas del otro sexo y no son nada de impulsivos

AC3: Restlessness (R)

Esta es una faceta que incluye ítems que miden inquietud y prisa por hacer las cosas. Los que puntúan entre 60 y 70 o más son gente que tiende a hacer las cosas de forma rápida (comida, trabajar, etc.). Incluso hacen varias cosas a la vez. Van con prisas a todas partes. Cuando tienen una idea en la cabeza no paran hasta que la llevan a cabo. Son personas inquietas e incluso hiperactivas. Siempre están ocupados en algo. No pueden permanecer demasiado tiempo sentados debido a su inquietud. En cambio, los que tienen puntuaciones bajas son gente lenta y tranquila. Se toman las cosas con filosofía. Comen y trabajan lentamente. Pueden permanecer mucho tiempo en la misma posición. No se inmutan ante actividades rutinarias como hacer cola o tener que esperar.

EX3: Exhibitionism (Exh)

Las personas evaluadas que obtienen puntuaciones elevadas en esta faceta son personas con empuje. Es decir, que no tienen dificultades a la hora de llamar la atención. Les gusta ser el centro de atención en las reuniones o actividades de grupo. Son personas bromistas, divertidas y alegres. Les gusta hablar de sí mismas y siempre buscan protagonismo. Los bajos en esta dimensión son personas que se mantienen en la segunda fila en las reuniones con los amigos. Raramente cuentan chistes o toman iniciativas. Les gusta más escuchar a los demás que hablar de sí mismos. Son sujetos inhibidos e incluso un poco pasivos si las puntuaciones obtenidas se acercan a 30.

NE3: Dependency (Depend)

Esta faceta de la dimensión de Neuroticismo mide rasgos de dependencia hacia otras personas con las que el sujeto ha realizado una vinculación afectiva. Puntuaciones muy altas son propias de personas dubitativas, incapaces de tomar decisiones por sí solos. Necesitan la aprobación y el consejo de los demás. Necesitan sentirse amados y buscan el afecto de los demás. Son personas muy sensibles y fácilmente se sienten heridos en sus sentimientos. Pueden sentirse desamparados y ante acontecimientos negativos o estresantes pueden tender a angustiarse o deprimirse. Para ello es aconsejable consultar las demás facetas de Neuroticismo y depresión. Puntuaciones inferiores a una o dos desviaciones de la media se encuentran en personas autosuficientes, tranquilas y que saben muy bien lo que quieren. No dependen de los demás. No les preocupa lo que los demás piensen de ellos y muestran una gran seguridad en sí mismos.

AG4: Hostility (Hos)

En esta dimensión puntúan alto las personas resentidas, hostiles, y críticas con los demás. Son personas que solo piensan en sí mismos y les cuesta reconocer los méritos de los demás. Creen que la vida ha sido injusta con ellos. Se alegran cuando las cosas les van mal a los demás. Hablan mal a espaldas de los otros. Son poco pacientes e incluso pueden mostrarse irritables. Puntuaciones por debajo de la media indican (según su distancia de la media: < 40) amabilidad, cortesía, afabilidad. Estas personas generan confianza dado que se muestran cariñosos y dispuestos a relacionarse con los demás. Rara vez se comportan de forma antipática o crítica. Son buenos compañeros en el trabajo o en grupo de amigos.

SS4: Boredom Susceptibility/Impulsivity (BS/Imp)

Esta faceta de la dimensión de Búsqueda de Sensaciones incluye ítems que reflejan susceptibilidad al aburrimiento e impulsividad. Las personas que puntúan alto (> 60 y sobretodo > 70) son personas que no toleran bien el aburrimiento y prefieren actividades distintas y excitantes. Al mismo tiempo son impulsivos y poco reflexivos. Son poco sensatos e impacientes. A menudo toman decisiones de forma premeditada y luego se arrepienten. Un nivel bajo

en esta dimensión indica que el sujeto posiblemente es cauto, sensato y moderado. Piensa bien sus decisiones y no es impulsivo. Le gustan las actividades tranquilas y hogareñas. Es educado y atento. Formal y bien adaptado.

AC4: Work Energy (WE)

Esta escala se diseñó para evaluar la capacidad o energía para llevar a cabo tareas relacionadas con el trabajo. Esta faceta está relacionada con la faceta de AC1 (Compulsión por el Trabajo), pero mide un rasgo diferente, aunque relacionado. Las personas con puntuaciones altas están llenas de energía, activos y son trabajadores. Hacen su trabajo de forma eficiente y rápida. Se sienten realizados con lo que hacen y no les cuesta nada meterse en su trabajo. Como en las demás dimensiones estas características se dan en mayor intensidad en los sujetos con puntuaciones de 70 o más y en menor medida en sujetos a partir de 60, pero en la misma dirección. En cambio, los sujetos con puntuaciones bajas o por debajo de 40 se caracterizan por ser lentos en el trabajo. Si no son vistos por sus jefes tienden a relajarse. Simplemente trabajan por obligación y son perezosos.

EX4: Sociability (Sy)

Es típico de los evaluados altos en esta faceta que sean muy activos socialmente. Son personas participativas, que les gusta estar en grupo, tanto en el trabajo como en el ocio. Son personas de fácil conversación y muy sociables. Ello se encuentra de forma más moderada en los sujetos con puntuaciones superiores a una desviación por encima de la media (60-70 puntos). Los que obtienen menos de 40 puntos tienden a preferir actividades solitarias, pues les gusta estar solos, tanto en el trabajo como en el tiempo libre. Se sienten incómodos cuando están con mucha gente y prefieren estar solos o con poca gente. Tienden a la introversión social. Conviene observar las puntuaciones en las otras tres facetas de la dimensión de Extraversión.

NE4: Low Self-Esteem (LSE)

Puntuaciones elevadas o superiores a 70 indican que la persona evaluada tiene un mal concepto de si mismo. Cree que no está o no ha estado a la altura de las circunstancias. Piensa que los demás son mejores que él. Se siente inseguro. Siente poco respeto por si mismo, es inseguro y en general no está satisfecho de si mismo. Puntuaciones muy altas pueden encontrarse en personas deprimidas. Ello deberá corroborarse con puntuaciones altas también en las escalas de Depresión. Puntuaciones bajas en torno a 10 puntos o más por debajo de la media (40 puntos o menos) indican lo contrario. Es decir, personas con un buen autoconcepto, que se sienten capaces y seguros, con actitudes positivas y confianza en su propia capacidad.

II. Documento del Comité Ético de Investigación Clínica (CEIC)

 Institut Català de la Salut
Hospital Universitari
Arnau de Vilanova

De: secretària del CEIC
A: Dr. Anton Aluja

Assumpte: projecte **CEIC-1399** titulat: "**Personalidad inhibida-desinhibida y modulaci3n emocional de la actividad del cortex prefrontal ante tareas de memoria de trabajo**"

Us adjuntem l'aprovaci3 del vostre projecte que va estar avaluat pel CEIC a la reuni3 de 26 de febrer de 2015, acta 2/2015.

Agraïrem substituïu l'aprovaci3 que us varem enviar anteriorment.

Cal informar al CEIC de la marxa del projecte, de l'acabament de l'estudi i dels resultats.

Atentament,



Montse Solanilla
Lleida, 16 de març de 2015

 Generalitat de Catalunya
Departament de Salut

III. Documento de información para las personas participantes



INFORMACIÓ PER ELS/LES PARTICIPANTS

Projecte: PERSONALIDAD INHIBIDA-DESINHIBIDA Y MODULACION EMOCIONAL DE LA ACTIVIDAD DEL CORTEX PREFRONTAL ANTE TAREAS DE MEMORIA DE TRABAJO

Informació del procediment:

Aquest estudi científic es realitza al Laboratori de Conducta Humana de l'Institut de Recerca de Lleida (IRB) en què es registraran algunes de les seves mesures psicofisiològiques i respondrà a qüestionaris psicològics. La seva participació és totalment voluntària i el pot abandonar en qualsevol moment sense que això suposi per a vostè cap perjudici. Totes les dades que vostè aportï seran confidencials només es registrarà el seu codi a les bases de dades. La informació serà tractada d'acord amb les normes de confidencialitat recollides a la llei 15/99 de Protecció de dades de Caràcter personal.

Cap de les proves que es faran són doloroses o invasives i no comporten cap mena de molèstia al realitzar-les. L'estudi es desenvoluparà en una sessió d'uns 60 minuts de durada aproximadament i es portarà a terme al Laboratori de Conducta Humana de l'IRB. Es registrarà la seva activitat cerebral mitjançant un sistema d'espectroscòpia consistent en col·locar una banda al seu front mentre fa una tasca d'ordinador. Prèviament a la tasca se li informarà de les instruccions.

Els resultats de l'estudi podran ser publicats o comunicats, però mai es revelarà la seva identitat.

Si té algun dubte o vol rebre més informació sobre l'estudi, pot contactar amb el Grup de Neurocognició, Psicobiologia de la Personalitat i Genètica de la Conducta, a l'Institut de Recerca Biomèdica de Lleida (Laboratori de Conducta Humana) (Tlf: 973702498).

Lleida, ade.....de.....

Participant
DNI:

Investigador/a
DNI:

IV. Documento de consentimiento informado



Universitat
de Lleida



Institut de Recerca Biomèdica

FORMULARI DE CONSENTIMENT INFORMAT

Projecte: PERSONALIDAD INHIBIDA-DESINHIBIDA Y MODULACION EMOCIONAL DE LA ACTIVIDAD DEL CORTEX PREFRONTAL ANTE TAREAS DE MEMORIA DE TRABAJO

Codi participant:

Nom i cognoms:

Declaro sota la meva responsabilitat que:

- He rebut un full d'informació sobre l'estudi.
- He pogut fer preguntes sobre l'estudi.
- He estat informat per el experimentador de les característiques de l'estudi.
- Comprenc que puc retirar-me de l'estudi quan vulgui i sense donar explicacions, sense que això tingui cap tipus de repercussió.
- Que accepto participar en l'esmentada recerca i dono el meu consentiment que les dades obtingudes sobre la meva persona siguin utilitzades científicament, salvaguardant la meva identitat.
- Confirmo que les informacions que donaré sobre el meu estat i consum de substàncies són certes.

Per tant, expresso la meva voluntat de participar en l'estudi.

Lleida, ade.....de.....

Participant
DNI:

Investigador/a
DNI:

V. Proyecto PSI2015-63551-P (1/2)



MINISTERIO DE
ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD

SECRETARÍA DE ESTADO DE INVESTIGACIÓN,
DESARROLLO E INNOVACIÓN
SECRETARÍA GENERAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA Y TÉCNICA
SUBDIRECCIÓN GENERAL DE PROYECTOS
DE INVESTIGACIÓN

Referencia: PSI2015-63551-P

Título: PERSONALIDAD INHIBIDA-DESINHIBIDA Y MODULACION EMOCIONAL DE LA ACTIVIDAD DEL
CORTEX PREFRONTAL ANTE TAREAS DE MEMORIA DE TRABAJO

Entidad Solicitante: UNIVERSIDAD DE LLEIDA

Centro: FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACION

Investigador/a Principal : ANTON ALUJA FABREGAT

Duración (en años):4

La finalidad del presente escrito es informarle de la composición del equipo de investigación que, según consta en nuestra base de datos, va a participar en el desarrollo del proyecto de referencia, PSI2015-63551-P del que es usted investigador/a principal.

El artículo 7 de la convocatoria establece que:

- Los requisitos y el régimen de compatibilidad y dedicación de los investigadores principales y del resto de los componentes del equipo de investigación y, en su caso, del equipo de trabajo, serán los establecidos en cada actuación. Dichos requisitos deberán cumplirse el día en que finalice el plazo de presentación de solicitudes y mantenerse hasta la fecha final del plazo solicitado de ejecución de la actuación, salvo las excepciones previstas, en su caso, en las diferentes actuaciones.
- El incumplimiento de los requisitos citados por parte de alguno de los otros miembros del equipo de investigación determinará la exclusión de dicho investigador de todos los proyectos o actuaciones solicitados en los que figure.
- La entidad solicitante será la responsable de verificar el cumplimiento de las condiciones de titulación, vinculación, compatibilidad, dedicación y cualesquiera otros requisitos exigidos al personal investigador participante en esta convocatoria, debiendo comunicar al órgano instructor cualquier variación en un plazo de 10 días a partir de aquel en que se produzca el cambio, en la forma que se determina en el artículo 10.

Los investigadores que figuran "excluidos" en esta comunicación podrán, no obstante, formar parte del equipo de trabajo del proyecto. La pertenencia al equipo de trabajo de un proyecto de investigación no queda anotada en nuestra base de datos por lo que no se responderá a solicitudes de cambio de investigadores del equipo de investigación al equipo de trabajo del proyecto. Las tareas de investigación, así como los gastos generados en relación con un proyecto de investigación de cualquier investigador que no pertenezca al equipo de investigación del proyecto, deberán reflejarse expresamente en los sucesivos y preceptivos informes de seguimiento que remitirá el investigador principal a esta Subdirección General de Proyectos de Investigación en los periodos de justificación científico-técnica.

El investigador principal podrá solicitar la inclusión de los investigadores que figuran, en su caso, en la relación del equipo de investigación como "excluidos" cuando cumplan con los requisitos exigidos en la convocatoria. La solicitud se hará mediante el envío de una "Instancia genérica" a través de Facilit@ (<https://sede.micinn.gob.es/facilita>), que deberá completar el representante legal de la entidad solicitante mediante su firma electrónica.

Se recuerda que no se autorizan bajas en proyectos anteriores para participar en la presente convocatoria.

Si desea plantear alguna consulta, puede hacerlo a través de la dirección de correo electrónico que figura en el pie de página de este escrito.

Subdirección General de Proyectos de Investigación

V. Proyecto PSI2015-63551-P (2/2)



MINISTERIO DE
ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD

SECRETARÍA DE ESTADO DE INVESTIGACIÓN,
DESARROLLO E INNOVACIÓN
SECRETARÍA GENERAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA Y TÉCNICA

SUBDIRECCIÓN GENERAL DE PROYECTOS
DE INVESTIGACIÓN

EQUIPO DE INVESTIGACIÓN REGISTRADO EN LA SOLICITUD:

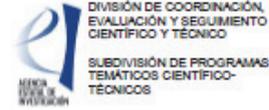
NOMBRE Y APELLIDOS	EXCLUIDO (SÍ/NO)	DEDICACIÓN
ANGEL BLANCH PLANA (RESTO EQUIPO)	NO	1,0
EDUARDO BLANCO CALVO (RESTO EQUIPO)	NO	1,0
OSCAR GARCIA LOPEZ (RESTO EQUIPO)	NO	1,0
FERRAN BALADA NICOLAU (RESTO EQUIPO)	NO	1,0
LUIS F. GARCIA RODRIGUEZ (RESTO EQUIPO)	NO	1,0
ANTON ALUJA FABREGAT (IP)	NO	1,0

VI. Respuesta solicitud incorporación al proyecto de investigación

FIRMADO por : M.LOURDES ARMESTO LOPEZ. A fecha : 27/11/2016 20:29:55
 El documento consta de un total de 1 folios. Folio 1 de 1 - Código Seguro de Verificación: 632806-70138034. Verificable en sede electrónica según Orden Ministerial del 24/2/2011.



MINISTERIO
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA
Y COMPETITIVIDAD



ANTÓN ALLUA FABREGAT
UNIVERSIDAD DE LLEIDA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

En contestación a su escrito de 17 de noviembre de 2016 en el que, como investigador principal del proyecto de investigación titulado *PERSONALIDAD INHIBIDA-DESINHIBIDA Y MODULACIÓN EMOCIONAL DE LA ACTIVIDAD DEL CÓRTEX PREFRONTAL ANTE TAREAS DE MEMORIA DE TRABAJO*, con referencia PSI2015-63551-P, solicita la incorporación de IGNACIO LUCAS ADELL en el equipo de investigación del proyecto, le recuerdo que el personal investigador en formación solo puede participar a través del equipo de trabajo, tal y como establece el artículo 18.9 de la convocatoria.

La pertenencia al equipo de trabajo de un proyecto de investigación no requiere tramitación administrativa y no queda anotada en nuestra base de datos, tal como se le informó en la comunicación del equipo investigador que se le envió el 31 de mayo de 2016. Las tareas de investigación, así como los gastos generados en relación con un proyecto de investigación de cualquier investigador que no pertenezca al equipo de investigación del proyecto, deberán reflejarse expresamente en los sucesivos y preceptivos informes de seguimiento científico-técnico.

Haga llegar esta información al representante legal de su entidad para el seguimiento y justificación del proyecto.

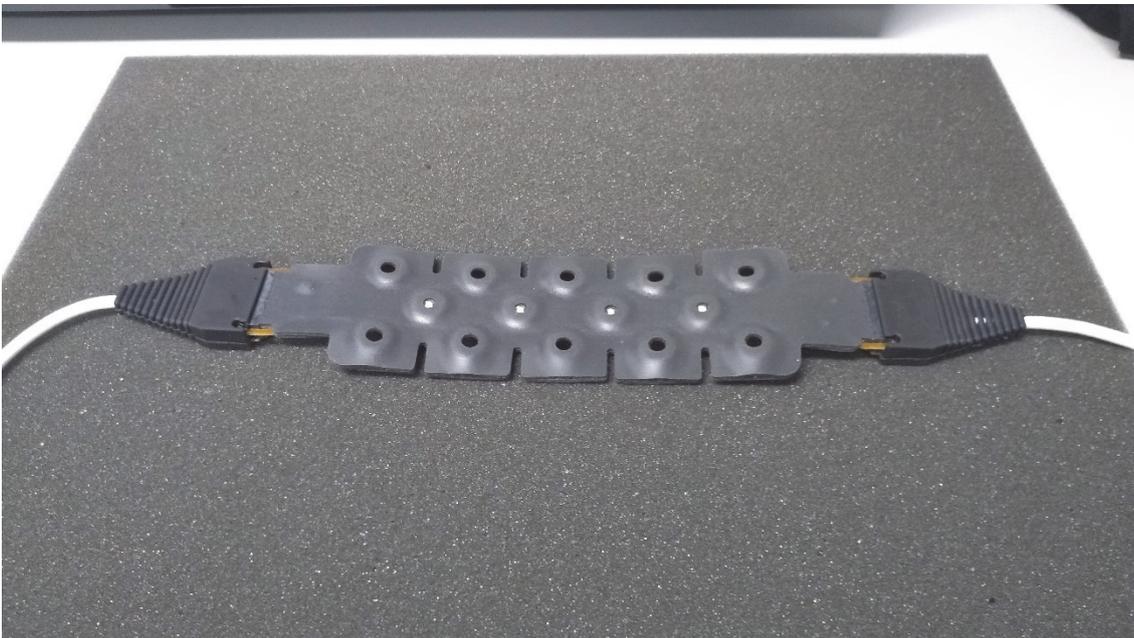
M.^a Lourdes Armesto López
Subdivisión de Programas Temáticos Científico-Técnicos

Paseo de la Castellana 162
28046 Madrid
dthcs@mineco.es

VII. Jaula de Faraday: Sala experimentador (arriba) y participante (debajo)



VIII. fNIR 1100: Módulo de registro (arriba) y sensor (debajo)



IX. COBI Studio (arriba) y fNIRSoft (debajo)

