

# **Relación entre el afecto negativo y la sustancia blanca de la amígdala**

**Trabajo Fin de Grado de Psicología**

**García Rodríguez, Nadia Pilar**

**Tutorizado por Niels Janssen**

**Curso Académico 2023-24**

## **Resumen**

En nuestra sociedad cada vez se encuentra más presente el afecto negativo, caracterizado por emociones desagradables como la tristeza, la ira o el enfado, y afectando significativamente a la salud mental de las personas y a su calidad de vida. A pesar de las controversias, diversos estudios han intentado encontrar los factores neurológicos comunes al respecto. Se ha visto que una de las estructuras principales en el procesamiento emocional es la amígdala. Es por ello que este estudio exploratorio tiene como objetivo descubrir la relación existente entre la materia blanca de la amígdala y el afecto negativo. Mediante imágenes de resonancia magnética y la participación de 1077 jóvenes en la prueba *Negative Affect*, se obtuvieron resultados claros: la tristeza, la satisfacción con la vida y el miedo son las escalas de afecto negativo más inversamente relacionadas con la sustancia blanca de la amígdala. Se concluye que a mayor afecto negativo percibido, menos sustancia blanca implicada en la amígdala.

*Palabras clave:* afecto negativo, resonancia magnética, materia blanca, amígdala.

## **Abstract**

In our society, negative affect is becoming more present every day, characterized by unpleasant emotions such as sadness, anger or rage, and significantly affecting people's mental health and quality of life. Despite the controversies, several studies have tried to find the common neurological factors in this regard. It has been found that one of the main structures in emotional processing is the amygdala. Therefore, this exploratory study aims to discover the relationship between the white matter of the amygdala and negative affect. Using magnetic resonance imaging and the participation of 1077 young people in the *Negative Affect* test, clear results were obtained: sadness, life satisfaction and fear are the negative affect scales most inversely related to the amygdala white matter. It is concluded that the more negative affect perceived, the less white matter involved in the amygdala.

*Key words:* negative affect, magnetic resonance imaging, white matter, amygdala.

## Índice

Resumen / Abstract.....	2
Introducción.....	4
Afecto negativo y estructuras implicadas .....	4
Repercusiones del afecto negativo .....	6
Amígdala y sustancia blanca .....	7
Objetivos del estudio.....	11
Metodología.....	12
Participantes .....	12
Instrumentos .....	12
Diseño.....	16
Procedimiento .....	16
Análisis estadístico.....	17
Resultados .....	18
Discusión.....	22
Referencias .....	26

## **Introducción**

### **Afecto negativo y estructuras implicadas**

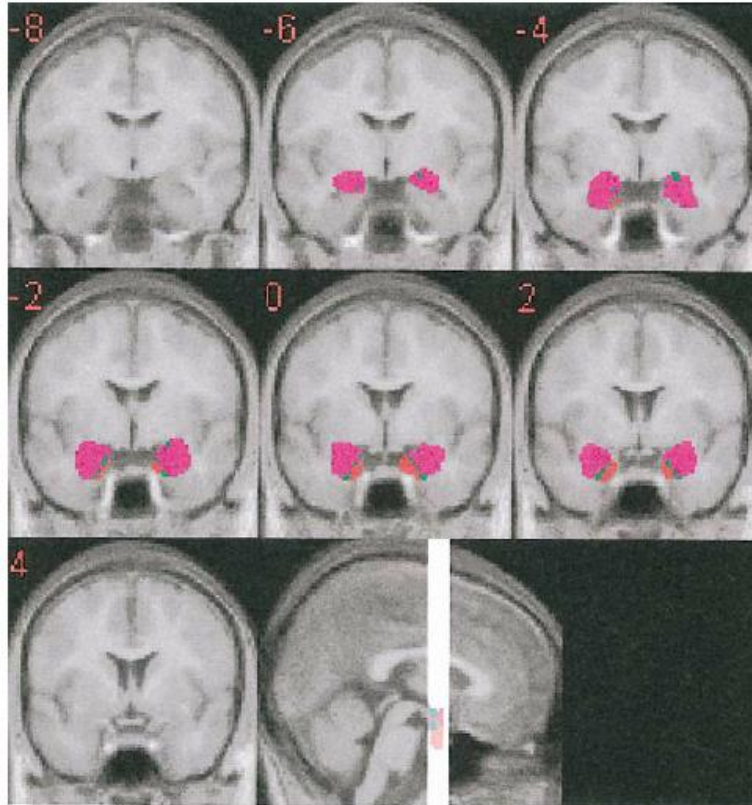
El afecto negativo es un componente central en el estudio de la salud mental y un factor de riesgo muy destacado para el bienestar psicológico. El miedo, la tristeza, la ira y el asco son estados emocionales que, cuando son intensos y habituales, afectan negativamente a la calidad de vida de las personas. En consecuencia, las emociones negativas constituyen actualmente uno de las principales variables de riesgo para contraer enfermedades físicas y mentales, que influyen en su inicio, desarrollo y mantenimiento (Piqueras et al., 2009).

Nuestros pensamientos y emociones son determinantes a la hora de crear una reacción bioquímica en el cerebro que envíe señales químicas al resto del cuerpo. Por tanto, las dimensiones del afecto negativo tienen un peso importante en nuestra salud. Esta variable está relacionada con áreas en el cerebro como la corteza cingulada, el neocórtex y el sistema límbico, compuesto a su vez por el hipocampo, el tálamo, el hipotálamo y la amígdala. Esta última ayuda a coordinar las respuestas del entorno, especialmente aquellas que desencadenan una respuesta emocional. Es pues, el principal núcleo de control de las emociones y sentimientos en el cerebro, controlando asimismo las respuestas de satisfacción o miedo (Psicología infantil Abaco, 2020).

De igual modo, es importante valorar estos resultados sabiendo en qué región cerebral se localiza esta estructura. Es por ello que, gracias a las imágenes conseguidas por resonancia magnética, en la Figura 1 se puede apreciar con bastante exactitud su ubicación en el cerebro.

## Figura 1

*Localización de la amígdala en el cerebro a través de resonancia magnética señalada en color rojo.*



*Nota.* Adaptado de “Tamaño de muestra a considerarse en un estudio de resonancia magnética funcional (RMF) con un equipo de resonancia magnética de 1.5 T”, por D. F. Aguirre Reyes, 2012, *Revista Ecuatoriana de Neurología* 21(1-3).

Por otro lado, es fundamental tener claro que la transmisión de estas emociones, así como de cualquier respuesta fisiológica, cognitiva, física o comportamental, se produce en el cerebro gracias a la sustancia blanca que hay alrededor de las neuronas de nuestro cerebro, concretamente en sus axones. Esta sustancia, también llamada materia blanca o mielina, “es una estructura membranosa laminada que rodea concéntricamente los axones mediante lamelas (o protuberancias celulares) que se repiten radialmente con períodos de aproximadamente 12 nanómetros (Tierra & Bryson, 2012)”, encargadas de la facilitación de impulsos rápidos a lo largo de las conexiones neuronales que hay en nuestro cerebro. Así pues, se nos presenta la siguiente cuestión: ¿la

variabilidad del afecto negativo afecta a la cantidad de materia blanca en áreas del cerebro como la amígdala?

### **Repercusiones del afecto negativo**

En el presente TFG se examinan múltiples aspectos del afecto negativo. En primer lugar, López-Gómez et al. (2015) contribuyen al campo adaptando las Escalas de afecto positivo y negativo (PANAS) en una muestra representativa de la población española, resaltando la relevancia de considerar la influencia del contexto cultural en la medición del afecto negativo. Asimismo, Pilkonis et al. (2013) destacan la importancia de la evaluación del mismo mediante la utilización del NIH Toolbox, un instrumento de autoinforme que pretende servir como batería central de herramientas de valoración en la gama de afectos negativos, incluidos la tristeza, el miedo y la ira. Su inclusión ha servido de base para el análisis de esta investigación dada su visión de abordar este aspecto crucial de la salud mental en la disciplina contemporánea.

En segundo lugar, numerosos estudios demuestran la relevancia del afecto negativo como factor de riesgo en múltiples contextos. Los resultados de Inglés et al. (2016) relevaron con el instrumento de López-Gómez et al. (2015), anteriormente mencionado (PANAS), que existen correlaciones positivas y significativas entre sentimientos de afectividad negativa y rechazo escolar. Además, el afecto negativo es más prevalente en niveles más bajos de estatus socioeconómicos (Hao, 2022).

En la misma dirección, Gómez-Romero et al. (2018) exploran que un “alto riesgo de ideación suicida correlaciona positiva y significativamente con el afecto negativo (depresión, ansiedad) y negativamente con la claridad y regulación emocionales y la satisfacción con la vida”. De igual modo, el afecto negativo ha demostrado ser un predictor significativo de los síntomas psicopatológicos internalizantes, incluidos la ansiedad y la depresión, aunque no tan fuerte como la rumiación cognitiva (Toro et al., 2020).

El afecto negativo también se ha visto relacionado con la calidad de las redes de apoyo social. Su influencia se asocia de forma directa y negativamente con el bienestar subjetivo y el funcionamiento familiar, siendo este su principal

mediador (Galian & Ato, 2023). Incluso se ha llegado a encontrar covariación entre los problemas de conducta durante la primera infancia y el afecto negativo temperamental, especialmente en niños con falta de sueño (Cremone et al., 2018).

En cuanto a las relaciones de pareja, la investigación de Brock et al. (2019) respalda los vínculos bidireccionales entre la disconformidad en las relaciones íntimas y la psicopatología individual, siendo la disminución de la satisfacción de la relación de pareja un incremento del afecto negativo y un deterioro del afecto positivo y del estado de ánimo en la muestra empleada.

Por último, un estudio llevado a cabo por Dejonckheere et al. (2021) explora cómo la relación entre el afecto positivo y negativo se ve afectada por eventos personalmente relevantes. Los resultados indican que los acontecimientos que tienen un significado personal mayor, adquieren un efecto sustancial en la forma en que las personas experimentan y equilibran sus emociones positivas y negativas.

### **Amígdala y sustancia blanca**

Se sabe muy poco sobre los correlatos neurobiológicos tempranos del afecto negativo y si se asocian con cambios en el desarrollo de las emociones negativas. Por esa razón, nuestra investigación busca encontrar cómo afecta realmente el afecto negativo en la materia blanca de esta estructura, utilizando la técnica de la resonancia magnética. La intrincada relación entre el afecto negativo y la integridad de la sustancia blanca dentro de la amígdala es un campo floreciente que une la patología psiquiátrica o psicopatológica con las alteraciones neuroanatómicas, observándose cómo los trastornos depresivos y del estado de ánimo se manifiestan a través de cambios en la estructura y conectividad de la amígdala.

La amígdala en este caso, situada en la parte medial del lóbulo temporal, comprende un conjunto diverso de núcleos y desempeña un papel crucial en el procesamiento de información emocional y conductual. Su compleja estructura abarca distintos complejos nucleares con conexiones extensas hacia varias áreas corticales y subcorticales. Investigaciones iniciales en roedores

demonstraron que la amígdala es esencial para el aprendizaje y manifestación de respuestas condicionadas de miedo, proporcionando valiosos conocimientos sobre su conectividad y plasticidad sináptica (Benarroch, 2015). Estudios más recientes revelan que las células amigdalares responden de forma selectiva según la valencia emocional de los estímulos, y que su interacción con la corteza prefrontal es esencial para la evaluación del valor en la toma de decisiones basadas en recompensas, corroborando la hipótesis del estudio de Dejonckheere et al. (2021), señalado con anterioridad.

Siguiendo la misma línea, observamos que en el afecto negativo participan la amígdala, implicada en el procesamiento emocional como hemos expuesto previamente, y además la corteza prefrontal, que desempeña un papel importante en la regulación de las emociones y en la toma de decisión. Por tanto, la conciencia de los estímulos emocionales puede afectar a la activación de la amígdala y a la conectividad entre la amígdala y la corteza prefrontal y, por tanto, a cambios comportamentales y emocionales; de acuerdo a los hallazgos de Lapate et al. (2016).

Asimismo, Gaffrey et al. (2016) fundamentan en su investigación que el afecto negativo correlaciona positivamente con la actividad de la amígdala derecha al ver caras tristes y alegres, y con la actividad de la amígdala izquierda al ver caras felices, considerando a la misma como biomarcador potencial del afecto en una población de 31 niños de cuatro a seis años de edad. Su estudio consistió en evaluar la actividad de la amígdala mediante imágenes de resonancia magnética funcional en una tarea en la que los participantes tenían que ver una serie de rostros en una pantalla. Además, se midió el afecto negativo de los niños con el informe de los padres en un test-retest (en el momento de la exploración y 12 meses después). Se emplearon 21 rostros diferentes del Conjunto de Expresiones Faciales de Nimstim, los cuales presentaban expresiones faciales neutras, felices, tristes y temerosas. Estos individuos fueron seleccionados con el objetivo de garantizar un equilibrio adecuado en cuanto a género y etnia. Los resultados mostraron un efecto significativo del tipo de emoción facial para la amígdala izquierda, con algunas tendencias para la amígdala derecha. Sin embargo, la actividad de esta al ver los rostros tristes era mayor que en rostros alegres. La reactividad de la amígdala derecha ante las



caras tristes sigue siendo un predictor significativo del nivel de afecto negativo reportado por los padres después de 12 meses de seguimiento, incluso después de tener en cuenta el nivel inicial de afecto negativo reportado al inicio del estudio. No obstante, es importante tener en cuenta para estudios posteriores el tamaño tan reducido de la muestra utilizada, el periodo de seguimiento relativamente corto y la exclusión de medidas como el afecto positivo.

Por otro lado, se ha encontrado que la integridad estructural de la sustancia blanca que conecta la amígdala con otras regiones cerebrales está relacionada con el procesamiento emocional y el afecto. Estudios de neuroimagen han demostrado que una menor integridad de la sustancia blanca en las vías que conectan la amígdala con regiones prefrontales y límbicas se asocia con una mayor susceptibilidad al afecto negativo, como la ansiedad y la depresión. Pedersen et al., (2021) concluyeron que el fascículo uncinado, un tracto de materia blanca cerebral que conecta la corteza prefrontal y regiones del lóbulo temporal (donde se encuentra la amígdala propiamente dicha), desempeña un papel crucial en la regulación de las emociones. Se ha observado en una muestra de 108 participantes de mediana edad que la depresión y la ansiedad están relacionadas con una reducción en la anisotropía fraccional (FA) del fascículo uncinado, una medida de la integridad de la materia blanca obtenida mediante imágenes de tensor de difusión por resonancia magnética. Otras fibras de materia blanca asociativa pueden también respaldar la regulación emocional al presentar una mayor integridad de materia blanca, lo que potencialmente favorece un funcionamiento afectivo más saludable.

En discordancia, se ha relacionado una mayor conectividad estructural de materia blanca en la amígdala derecha con el aumento de la ansiedad y el afecto negativo/anhedonia en jóvenes sanos. De tal modo, Tymofiyeva et al. (2021) en una de sus estudios quisieron comprobar las redes cerebrales estructurales de materia blanca en adolescentes sanos a través de la evaluación de los efectos en la salud emocional de los mismos con el entrenamiento TARA (Entrenamiento para la Conciencia, la Resiliencia y la Acción). A 23 jóvenes, que acataron el programa de 12 semanas en un diseño controlado dentro del sujeto, se les valoró por un lado las redes cerebrales mediante resonancia magnética de difusión, y por otro, las medidas de autoevaluación en salud emocional (Escala de

Depresión Adolescente de Reynolds-2 (RADS-2)). Los participantes redujeron notablemente los signos de ansiedad mediante TARA y se observó una disminución significativa en la actividad de la amígdala derecha tras el entrenamiento. Los análisis muestran que la ansiedad inicial antes del TARA se relacionaba positivamente con la fuerza del nódulo de la amígdala derecha. Finalmente se observó que el cambio en la actividad del núcleo de la amígdala derecha con TARA no mostró correlación con el cambio en la ansiedad; no obstante, sí se encontró asociación con el cambio en la subescala de depresión de Anhedonia/Afecto Negativo, posiblemente debido a la superposición de constructos capturados en las escalas de ansiedad y depresión. Los resultados sugieren que una mayor conectividad estructural de la amígdala derecha puede ser la base del aumento de la ansiedad en los adolescentes. Se debe tener en cuenta que, aunque la investigación posea una validez interna consistente, el estudio presenta algunos obstáculos tales como no incluir la aleatorización a la intervención TARA, la muestra es relativamente limitada para detectar hallazgos significativos, y solo se incluyen adolescentes sin diagnósticos psiquiátricos basados únicamente en autoinformes y no en una evaluación clínica. Además, se utiliza la tractografía DTI como principal herramienta de medición, instrumento sensible pero no muy específico con limitaciones para examinar claramente las fibras cruzadas.

En último lugar, cabe destacar que la depresión se ha caracterizado por reducciones volumétricas en varias regiones del cerebro, incluido el hipocampo, la corteza cingulada anterior, la corteza prefrontal, el cuerpo estriado y, en particular, la amígdala. Además, una interacción entre la atrofia de la materia gris y la desintegración de la materia blanca, contribuye a la fisiopatología de la depresión, puesto que con frecuencia se observa compromiso de la integridad de sustancia blanca en adultos deprimidos.

De manera conjunta, estos estudios subrayan una interacción compleja entre anomalías estructurales dentro de regiones específicas del cerebro (particularmente en lo que respecta a la interfaz de materia gris y blanca alrededor de estructuras límbicas como la amígdala) y sus ramificaciones funcionales que se manifiestan como una sintomatología variada en los trastornos afectivos. Los avances en neuroimagen han comenzado a esclarecer

distinciones sutiles pero significativas, especialmente pertinentes para el diagnóstico diferencial, allanando así el camino hacia intervenciones terapéuticas personalizadas basadas en perfiles neuropatológicos subyacentes en lugar de presentaciones sintomáticas únicamente.

### **Objetivos del estudio**

Aún falta gran cantidad de investigación alrededor de esta cuestión. A pesar de ello, es de vital importancia seguir esta esperanzadora línea de investigación gracias a los hallazgos que nos proporciona la resonancia magnética, relevando cómo el afecto negativo repercute en nuestro cerebro. Los estudios anteriormente constatados encuentran contradicciones en sus resultados y análisis de datos, posiblemente debido a que cuentan con un tamaño de muestra reducido, con poca evidencia científica sobre el tema de discusión y con medidas poco precisas o inespecíficas (Gaffrey et al., 2016; Pedersen et al., 2021; Tymofiyeva et al., 2021).

Es por ello que el objetivo y la hipótesis de este estudio es conocer la relación existente entre experimentar emociones negativas y la materia blanca de estructuras límbicas como la amígdala, tratando así con problemas manifestados en investigaciones previas tales como el número de participantes, las medidas imprecisas o instrumentos inadecuados; limitaciones que no suponen un problema en nuestro trabajo dada la abundante recopilación de datos fiables que poseemos. Asimismo, el estudio se centra directamente en la cantidad de mielina dentro de las regiones de materia gris, a diferencia de investigaciones anteriores basadas en cómo el afecto negativo se relaciona con tractos o conexiones de materia blanca.

Este TFG se fundamenta en los resultados obtenidos por el Proyecto Conectoma Humano (HCP), basado particularmente en la prueba Negative Affect (Sadness, Fear, Anger) en la que se observan las diferencias de la sustancia blanca en áreas corticales, siendo esta la principal variable dependiente.

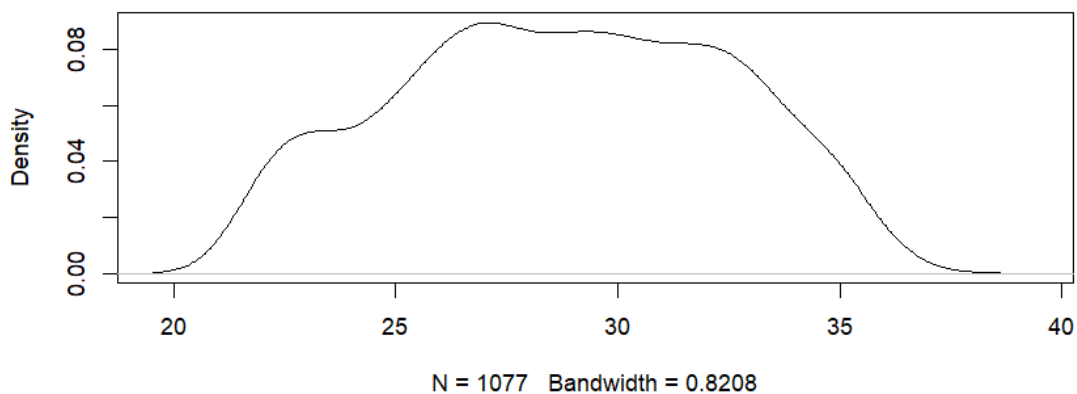
## Metodología

### Participantes

Gracias a los estudios de resonancia magnética recopilados a partir de la base de datos del Proyecto Conectoma Humano (HCP), se recabó información de una muestra heterogénea de 1077 personas en la prueba Negative Affect, compuesta a su vez por 494 hombres y 583 mujeres. En la Figura 2 se puede observar como la distribución de los participantes es relativamente uniforme, encontrándose la mayoría entre los 25 y 35 años de edad. El rango de edad oscila en torno a los 22 y 36 años, a pesar de dos de ellos que superan los 37, siendo la media correspondiente a 29 años de edad.

### Figura 2

*Histograma de la proporción de edades de la muestra*



### Instrumentos

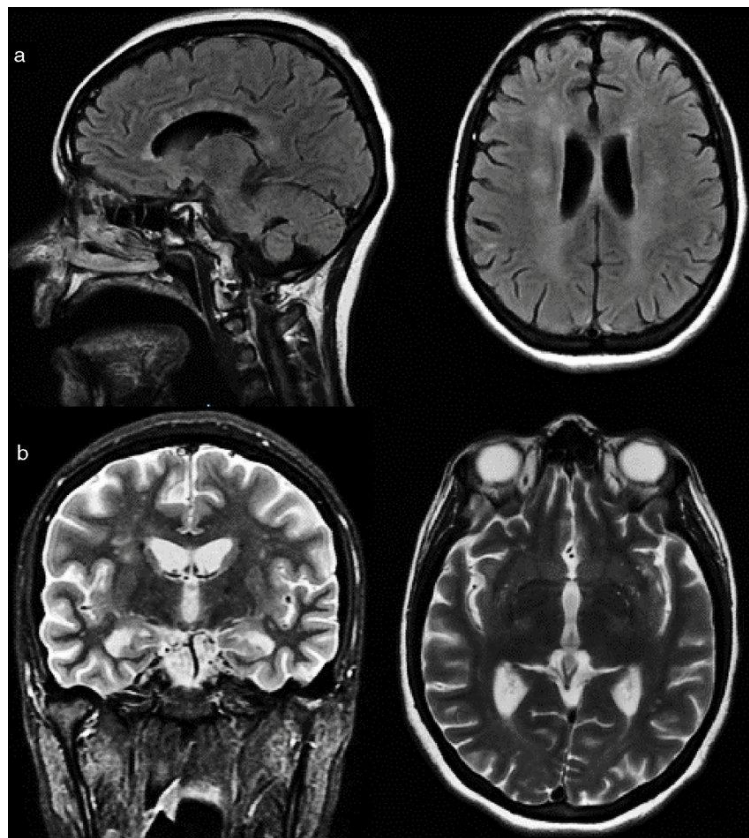
Para llevar a cabo la presente investigación se utilizaron los hallazgos obtenidos por la resonancia magnética y el software de neuroimagen FreeSurfer. Asimismo, fue necesario para el metaanálisis e integración de los datos el programa estadístico Rstudio.

En primer término, la resonancia magnética es un procedimiento no invasivo que utiliza ondas de radio y un imán potente para crear una serie de imágenes detalladas de áreas del interior del cuerpo. La imagen por resonancia magnética se utiliza para ayudar a diagnosticar enfermedades, planificar el

tratamiento o averiguar si este funciona bien. Esta técnica de obtención de imágenes médicas utiliza el campo magnético, ondas de radio generadas por ordenador y los átomos de hidrógeno del cuerpo para crear imágenes, en nuestro caso concreto, del cerebro en diferentes cortes axiales, sagitales o coronales (véase Figura 3).

### Figura 3

*Imagen por resonancia magnética cerebral en visión sagital y axial (imagen superior) y visión coronal y axial en secuencia T2 (imagen inferior)*



*Nota.* Adaptado de “Neuropsiquiatría del síndrome de Susac: a propósito de un caso”, por Ruiz-García, Ramiro & Chacón-González, Jacobo & Bayliss, Leo & Ramírez-Bermúdez, Jesús, 2021, *Revista Colombiana de Psiquiatría*

Con las imágenes obtenidas por la resonancia magnética, empleamos el paquete de código abierto Freesurfer para el análisis y visualización de datos de neuroimagen estructurales, funcionales y de difusión. Esta herramienta es la que

permite la reconstrucción topológica y geométrica del cerebro, registro intersujeto de estudios de imagen y el etiquetado automático de algunas regiones cerebrales. Puede proporcionar creaciones de modelos de superficies del cerebro a partir de datos obtenidos de la resonancia magnética y la medida de propiedades morfométricas, entre las que se incluyen volúmenes de determinadas regiones y espesor cortical (González et al., 2012).

Los análisis estadísticos se estudiaron con la ayuda del programa Rstudio en su versión 4.3.3. y el lenguaje de programación R. Se trata de una herramienta utilizada para modelado estadístico, visualización y construcción de distintos tipos de gráficos y otras funciones relacionadas. Este software es generalmente empleado en el ámbito académico, investigativo y de diversas disciplinas científicas. Entre sus ventajas se encuentran la libertad de desarrollo y modificación de cualquier usuario en el mismo, la cantidad de procedimientos estadísticos y creaciones gráficas gracias a sus paquetes descriptivos, así como su versatilidad y facilidad de uso (Fernández, 2020).

Finalmente, la prueba Negative Affect (Sadness, Fear, Anger; self-report) proporciona el acceso a sentimientos o emociones desagradables autoinformados en el que se incluyen fundamentalmente la tristeza, el miedo y el enfado (Pilkonis et al., 2013). Todo ello en base a las encuestas suministradas por el NIH Toolbox, un conjunto de herramientas integral y multidimensional de mediciones neuroconductuales que evalúan rápidamente las funciones cognitivas, emocionales, sensoriales y motoras (NIH Toolbox, s.f.).

A su vez, las evaluaciones de la dimensión emocional abarcan cuatro áreas principales: bienestar psicológico, estrés y autoeficacia, relaciones sociales y afecto negativo. En esta última se sustenta la reciente investigación. La batería de emociones de la NIH Toolbox, recomendado para personas mayores de 8 años, comprende pruebas sobre afecto positivo, satisfacción general con la vida, apoyo emocional, amistad, soledad, rechazo percibido, hostilidad percibida y autoeficacia. Para aquellos mayores de 13 años, se agrega una evaluación de percepción de estrés, y para mayores de 18 años, se incorporan pruebas adicionales sobre significado y propósito, apoyo instrumental, tristeza, estrés percibido, miedo e ira.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de los ítems que forman el instrumento Negative Affect, en el caso concreto de la subescala de significado y propósito:

*En el último mes, por favor describa en qué medida...*

- *Tengo a alguien que entiende mis problemas*
  - *Nunca*
  - *Raramente*
  - *A veces*
  - *Normalmente*
  - *Siempre*
- *Tengo a alguien que me escucha cuando necesito hablar*
  - *Nunca*
  - *Raramente*
  - *A veces*
  - *Normalmente*
  - *Siempre*
- *Siento que hay personas con las que puedo hablar si estoy descontento*
  - *Nunca*
  - *Raramente*
  - *A veces*
  - *Normalmente*
  - *Siempre*

Los participantes, tras una breve explicación del experimentador, realizaban el autoinforme en un iPad en el que se le mostraban varias preguntas tipo Likert de frecuencia en función de la subescala del instrumento, siendo *nunca*, *raramente*, *a veces*, *normalmente* y *siempre* las respuestas a elegir. El tiempo de cada prueba fue de dos minutos.

En cuanto al cómputo de las puntuaciones, el NIH Toolbox ofrece tres tipos de mediciones: puntuaciones estándar corregidas por edad (con media 10 y desviación típica de 15), puntuaciones estándar no corregidas (con media 10 y desviación típica de 15) y puntuaciones totalmente corregidas (destinadas principalmente a casos neuropsicológicos) que se calculan a partir de las

puntuaciones estándar y otras características demográficas como la educación, el género y la etnia. Finalmente, además de las puntuaciones de las pruebas individuales descritas, cada batería de emociones proporciona puntuaciones globales, que permiten una interpretación general de la salud emocional y un nivel de fiabilidad mayor que el de un autoinforme individual.

## **Diseño**

Esta investigación supuso un estudio exploratorio de las escalas de afecto negativo aportadas por el inventario Negative Affect (Sadness, Fear, Anger) del Proyecto Conectoma Humano (HCP), con el fin de averiguar cuáles de ellas se relacionaban con una mayor cantidad de mielina en la región estudiada, la amígdala, y cuáles, por el contrario, no se vieron relacionadas.

Por tanto, en el estudio se distingue una variable dependiente correspondiente a la cantidad de mielina en esta área cortical, y distintas variables independientes referentes a las subescalas de la prueba de afecto negativo. De este modo se observan los cambios producidos en el cerebro de las personas en función de la sustancia blanca partícipe en la estructura límbica según los autoinformes realizados por los mismos.

Además, se tuvieron en cuenta algunas covariables tales como la edad y el género de los participantes y el hemisferio (derecho o izquierdo) del cerebro implicado. Para comprobar que los efectos de estos factores no interfirieran en la relación entre las variables de interés del estudio, todas fueron controladas.

## **Procedimiento**

En primer término, los participantes del estudio participaron voluntariamente en la realización de unas pruebas estandarizadas de afecto negativo organizados por el Proyecto Conectoma Humana (HCP), así como en la implicación de una resonancia magnética. Con cada una de las imágenes T1 y T2 (cuyos modelos representan la grasa cerebral y el líquido del cerebro respectivamente) de los individuos, se preparó la base de datos correspondiente proporcionados por el tutor Niels Janssen.



Seguidamente, con el paquete estadístico *Freesurfer* pudieron visualizarse las estructuras cerebrales de las imágenes obtenidas, mientras que el análisis de regresión múltiple para ver la covariación de los factores fue llevado a cabo mediante el software *Rstudio*.

### **Análisis estadístico**

Se calculó el análisis de la varianza para observar los efectos principales del modelo de regresión entre la edad, el género y el hemisferio cerebral en cada una de las escalas de la prueba administrada. De tal modo se pudo estudiar las diferencias que existen en la sustancia blanca de la amígdala entre estos factores.

Al comienzo del análisis estadístico, se procedió a la limpieza de datos e identificación de valores extremos del estudio, siguiendo las indicaciones mostradas en la Tabla 1 con el programa estadístico *Rstudio*.

**Tabla 1**

*Códigos de programación empleados según el procedimiento a seguir*

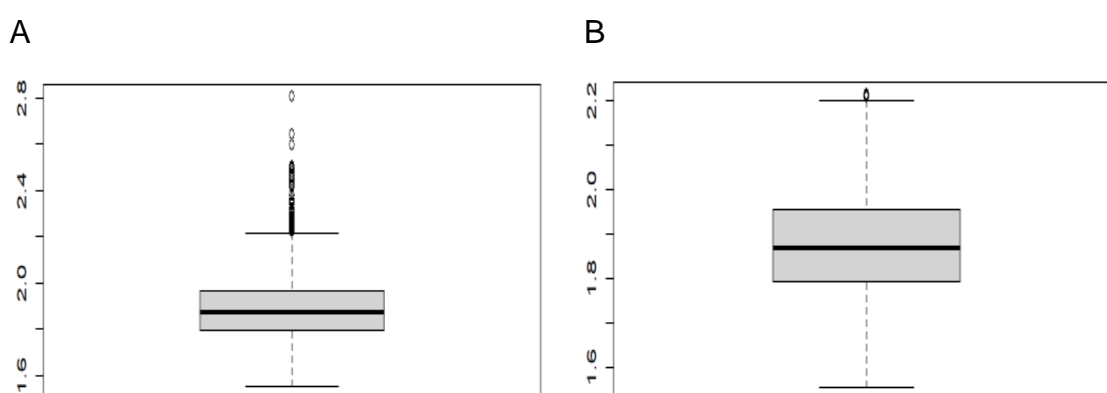
<b>Procedimiento</b>	<b>Código empleado</b>
Quitar valores extremos	<i>out = boxplot(amy\$myelin, plot=FALSE)</i> <i>boxplot(amy\$myelin)</i>
Cálculo del porcentaje de filas eliminadas	<i>(nrow(amy) - nrow(amy.clean))/nrow(amy) * 100</i>
Nuevo diagrama de cajas limpio	<i>boxplot(amy.clean\$myelin)</i>
Modelo estadístico	<i>mod = lm(myelin ~ Gender + scale(Age_in_Yrs) + hemi + scale(Scale Name), amy.clean)</i>

## Resultados

Con el fin de que las puntuaciones extremas no afectaran a los resultados de nuestro estudio, no se tuvieron en cuenta los datos retirados, cuyo porcentaje abarcó tan solo un 2.4% de la muestra. Puede observarse en la Figura 4 los boxplots de limpieza de datos antes y después de identificar y eliminar los valores extremos respectivamente.

**Figura 4**

*Diagrama de cajas y bigotes producido por Rstudio antes (A) y después (B) de la limpieza de outliers*



Se exponen a continuación los resultados obtenidos en el modelo de regresión que han concluido ser significativos (véase Tabla 2) y las gráficas correspondientes.

**Tabla 2**

*Resultados Anova de las escalas significativas*

Escala	Estimate	SE	t-value	p-value
Tristeza	-0.005093	0.002484	-2.050	0.0405
Satisfacción con la vida	-0.008003	0.002480	-3.227	0.00127
Miedo	-0.004238	0.002499	-1.696	0.0901

Cabe destacar que en todas las escalas exploradas, tanto significativas como no significativas, en el modelo de regresión se observó más materia blanca en la

amígdala, por un lado, en función del hemisferio, en el que la implicación es mayor en el derecho; por otro lado, del género, siendo más relevante en el masculino; y por último, en la medida en que incrementaba la edad de la muestra. En la Tabla 3 se muestran estos factores en las escalas representativas. Para consultar resultados adicionales sobre las escalas no significativas, véase Anexo I.

**Tabla 3**

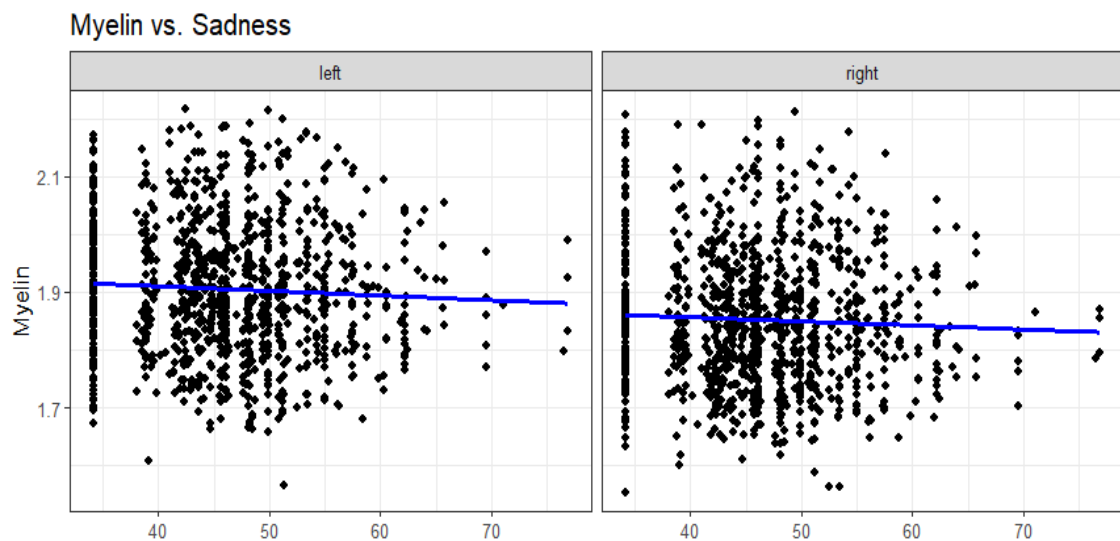
*Resultados Anova de los factores significativos para las escalas de Tristeza, Satisfacción con la vida y Miedo*

<b>Escala</b>	<b>Variable</b>	<b>Estimate</b>	<b>SE</b>	<b>t-value</b>	<b>p-value</b>
<b>Tristeza</b>	Género	0.026582	0.005124	5.188	2.33e-
	Masculino				07
	Edad	0.016467	0.002552	6.453	1.36e-
	Hemisferio derecho	-0.053268	0.004964	-10.732	< 2e-16
<b>Satisfacción con la vida</b>	Género	0.026346	0.005117	5.149	2.86e-0
	Masculino				7
	Edad	0.016780	0.002547	6.589	5.57e-1
	Hemisferio derecho	-0.053260	0.004956	-10.746	< 2e-16
<b>Miedo</b>	Género	0.025857	0.005157	5.014	5.77e-0
	Masculino				7
	Edad	0.016495	0.002553	6.461	1.29e-1
	Hemisferio derecho	-0.053275	0.004965	-10.730	< 2e-16

Proseguimos con los modelos de regresión conseguidos por Rstudio en los que se aprecia covariación entre la densidad de la sustancia blanca, como variable dependiente del modelo, y las escalas pertinentes, referente a las variables independientes, en cada uno de los hemisferios cerebrales (véanse Figura 5, 6 y 7).

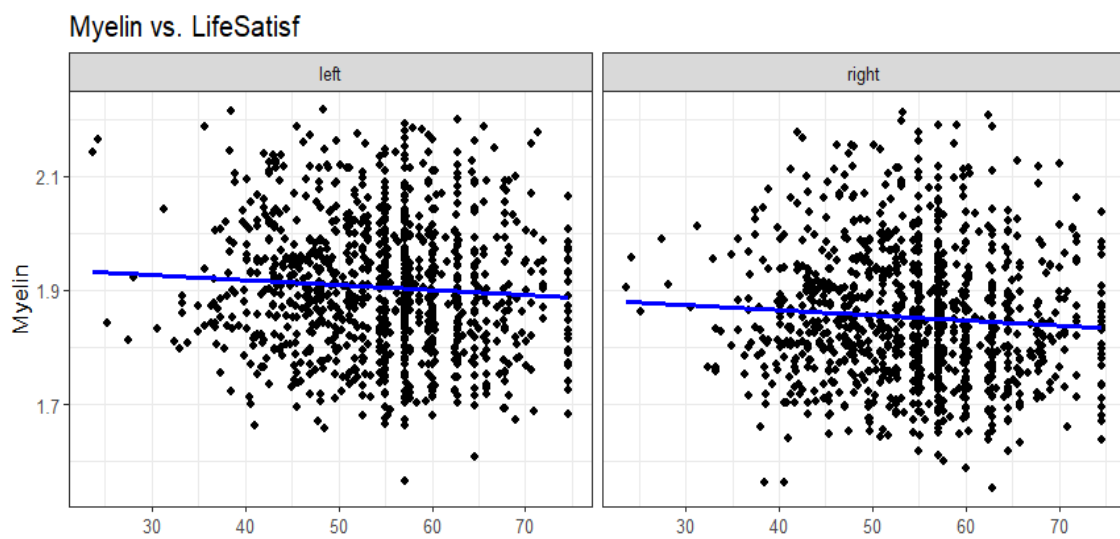
**Figura 5**

*Regresión múltiple entre la tristeza y la densidad de la mielina en cada hemisferio*



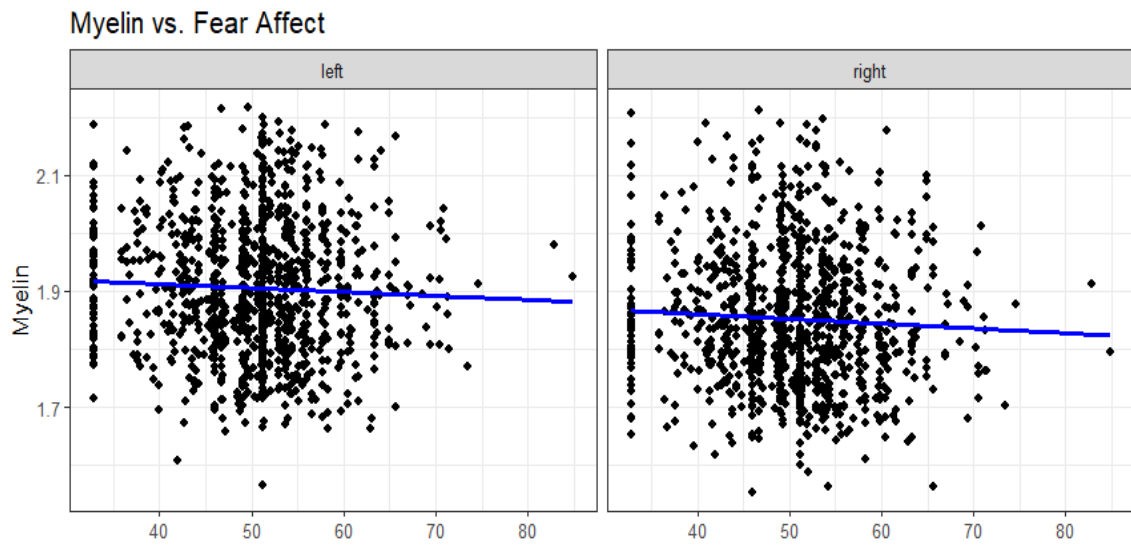
**Figura 6**

*Regresión múltiple entre la satisfacción general con la vida y la densidad de la mielina en cada hemisferio*



## Figura 7

*Regresión múltiple entre el miedo y la densidad de la mielina en cada hemisferio*



## Discusión

Durante el transcurso de esta investigación, se pretende demostrar si existe o no relación entre la sustancia blanca proveniente de la amígdala y el afecto negativo reportado por los participantes. En este estudio de carácter exploratorio, se tuvieron en cuenta las respuestas auto informadas de los 1077 jóvenes en la prueba Negative Affect para un análisis de varianza entre las subescalas de este instrumento y la densidad de la mielina en el área estudiada. Tras analizar los resultados obtenidos en los ANOVA y gracias a las imágenes de resonancia magnética, se descubre que las medidas del afecto negativo más relacionadas con la materia blanca de la amígdala son la tristeza, la satisfacción general con la vida y el miedo. Sumado a esto, la densidad de mielina en esta región se muestra más marcada en los individuos del género masculino, en el hemisferio derecho y en personas de mayor edad dentro de la muestra, resultados que engloban cada una de las escalas exploradas.

Dado los hallazgos encontrados, cabe pensar que el afecto negativo está relacionado de un modo u otro con la densidad de materia blanca en esta área cortical, entre otras. Por tanto, es de suponer que la amígdala está involucrada en los procesos emocionales de naturaleza negativa, pues ahora sabemos que a más materia blanca implicada, menos afecto negativo experimentado usualmente por la persona.

Estudios previos demuestran que las alteraciones del estado de ánimo, así como los trastornos psicopatológicos, se ven manifestados por medio de cambios en la constitución y conectividad de la amígdala. Sabemos que el afecto negativo correlaciona positivamente con la actividad de la amígdala, incluso más que con muestras de afecto positivo o neutrales (Gaffey et al., 2016), llegando a ser un predictor significativo del afecto negativo.

Asimismo se ha observado, en investigaciones de neuroimagen, una asociación entre una alta susceptibilidad al afecto negativo y una menor integridad de la sustancia blanca en conexiones entre la amígdala y áreas prefrontales y límbicas relacionadas con los trastornos de ansiedad y depresión (Pedersen et al., 2021). Por otra parte, se conoce que en la depresión se ve comprometida la integridad de la sustancia blanca y se reduce el volumen de varias regiones cerebrales.

No obstante, hay estudios que demuestran, por el contrario, que una mayor conectividad estructural de materia blanca en la amígdala se asocia con un incremento del afecto negativo y la ansiedad (Tymofiyeva et al., 2021). Estos resultados no concuerdan con los hallados en este TFG ya que, por el contrario, se observó una reducción del afecto negativo a más sustancia blanca en la amígdala.

Los resultados observados en el estudio pueden deberse a varios factores. Inicialmente, no es de extrañar que las escalas más significativas hayan sido la tristeza, la satisfacción general con la vida y el miedo, puesto que la amígdala juega un papel fundamental en el manejo de emociones negativas, afectando al nivel general de satisfacción vital mediante su interacción con otras áreas cerebrales encargadas de regular las emociones y procesos cognitivos (Lapate et al., 2016). Seguidamente, la existencia de más mielina en el cerebro de los hombres, puede verse afectado realmente a la diferencia clara en el volumen, tanto del cerebro como de estructuras subcorticales, del tamaño de la cabeza masculina y no a efectos de la variable independiente, como mencionamos con anterioridad (Gur et al., 1999). Posteriormente, son muchos los estudios de neuroimagen que demuestran la relación entre el hemisferio derecho y las emociones dado que, aunque ambos hemisferios contribuyan en estos procesos, este asume primacía en la identificación de expresiones fáciles, las emociones de valencia negativa y la prosodia emocional (Borod et al., 1986; Gainotti, 2012). Por último, se evidencia que el envejecimiento provoca disminuciones constantes de la densidad de materia blanca, entre otras medidas, en las redes cerebrales. Sin embargo, al emplear una muestra joven en el estudio no ha podido seguirse la curva normal del efecto de la edad (Salat et al, 2005).

A pesar de algunas incongruencias entre estudios, son más los hallazgos que muestran que la desintegración de materia o sustancia blanca contribuye en la fisiología de estados de ánimo negativos. Por ende, los resultados de nuestro estudio apoyan las conclusiones de investigaciones previas, aceptando la hipótesis de que a mayor densidad de mielina, menos afecto negativo percibido.

En definitiva, el afecto negativo compuesto principalmente por componentes emocionales como el miedo, la tristeza y la ira, constituye un factor de riesgo para la salud mental y la contracción de enfermedades físicas y mentales cuando

se trata de estados frecuentes y persistentes. Además sabemos que, a nivel neurológico, la amígdala entre otras estructuras es la encargada del control de las emociones y sentimientos que experimentamos, así como de nuestras respuestas y aprendizaje sobre los mismos.

Es conveniente que tengamos en cuenta algunas limitaciones del estudio. En primer lugar, a pesar de que el tamaño de la muestra es adecuado, solo se tienen en cuenta los datos de una población de adultos jóvenes, descartando otros rangos de edad que también pueden ser interesantes. Asimismo, existe una ligera descompensación de la muestra masculina frente a la femenina. En segundo lugar, no sabemos si la materia blanca en la amígdala se debe al afecto negativo como resultado, o por el contrario, es la propia mielina la que provoca las emociones negativas percibidas, como factor predispuesto. Sería beneficioso hacer una investigación longitudinal al respecto. En tercer lugar, los resultados muestran un efecto de género que implica que la variable dependiente es más significativa en los hombres que en las mujeres. No obstante, se debe tener en cuenta que anatómicamente el cerebro de los hombres alberga un tamaño mayor y, en consecuencia, más cantidad de materia gris y blanca biológicos y no debido a otros factores emocionales. Finalmente, a nivel estadístico se ha de tener en cuenta que esta investigación no contempló ninguna corrección por comparaciones múltiples de los valores  $p$ , lo que puede llegar a comprometer la adecuada interpretación de los resultados y aumentar la probabilidad de efectos significativos falsos (incremento de error tipo I).

En conclusión, nuestro estudio se ha centrado en explorar de qué manera se relaciona el nivel de afecto negativo con la sustancia blanca de la amígdala, cuyos resultados se han obtenido del Proyecto Conectoma Humano (HCP) gracias a la participación de 1077 jóvenes participantes y los análisis de las imágenes de resonancia magnética funcional. Se concluye que a más puntuación en las escalas de satisfacción con la vida, tristeza y miedo, entre otras no significativas, menos mielina comprometida en la amígdala. Asimismo, la densidad de materia blanca en esta estructura es más significativa en función del género masculino, del hemisferio derecho y a mayor edad de la muestra.

Para incrementar la validez del estudio, se propone para futuras investigaciones aumentar el número de áreas de interés con las subescalas



planteadas. Sería interesante comprobar que superficies corticales están implicadas en mayor medida en las dimensiones del afecto negativo tales como la corteza cingulada, el neocórtex y el hipocampo, el tálamo o el hipotálamo, estructuras implicadas ya mencionadas anteriormente. De esta manera, podremos abarcar mejor el afecto negativo como factor de riesgo en la salud y bienestar de las personas y facilitar en la práctica herramientas útiles para el tratamiento.

## Referencias

- Aguirre Reyes, D. F. (2012). Tamaño de muestra a considerarse en un estudio de resonancia magnética funcional (RMF) con un equipo de resonancia magnética de 1.5 T. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 21(1-3).
- Benarroch, E. E. (2015). La amígdala. *Neurology*, 84, 31.
- Borod, J. C., Koff, E., Lorch, M. P., & Nicholas, M. (1986). The expression and perception of facial emotion in brain-damaged patients. *Neuropsychologia*, 24(2), 169-180.
- Brock, R. L., Franz, M. R., O'Bleness, J. J., & Lawrence, E. (2019). The Dynamic Interplay Between Satisfaction With Intimate Relationship Functioning and Daily Mood in Low-Income Outpatients. *Family process*, 58(4), 891–907. <https://doi.org/10.1111/famp.12402>
- Cremonese, A., de Jong, D. M., Kurdziel, L. B. F., Desrochers, P., Sayer, A., LeBourgeois, M. K., Spencer, R. M. C., & McDermott, J. M. (2018). Sleep Tight, Act Right: Negative Affect, Sleep and Behavior Problems During Early Childhood. *Child development*, 89(2), e42–e59.
- Dejonckheere, E., Mestdagh, M., Verdonck, S., Lafit, G., Ceulemans, E., Bastian, B., & Kalokerinos, E. K. (2021). The relation between positive and negative affect becomes more negative in response to personally relevant events. *Emotion (Washington, D.C.)*, 21(2), 326–336. <https://doi.org/10.1037/emo0000697>
- Fernández Lizana, M. I. (2020). Ventajas de R como herramienta para el Análisis y Visualización de datos en Ciencias Sociales. *Revista Científica de la UCSA*, 7(2), 97-111. <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2020.007.02.097>
- Gaffrey, M. S., Barch, D. M., & Luby, J. L. (2016). Amygdala reactivity to sad faces in preschool children: An early neural marker of persistent negative affect. *Developmental cognitive neuroscience*, 17, 94–100. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.12.015>

- Gainotti, G. (2012). Unconscious processing of emotions and the right hemisphere. *Neuropsychologia*, *50*(2), 205–218. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.12.005>
- Galian, M. D., & Ato, E. (2023). El papel mediador del afecto negativo en la relación entre funcionamiento familiar y felicidad subjetiva en estudiantes universitarios españoles. *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, *39*(2), 239-251.
- Gómez-Romero, M. J., Limonero, J. T., Trallero, J. T., Montes-Hidalgo, J., & Tomás-Sábado, J. (2018). Relación entre inteligencia emocional, afecto negativo y riesgo suicida en jóvenes universitarios. *Ansiedad y estrés*, *24*(1), 18-23.
- González Rivas, L. M., Luna Serrano, M., Caballero Hernandez, R., Cáceres Taladriz, C., Gómez Aguilera, E. J., & Tormos Muñoz, J. M. (2012). Herramienta de modelado disfuncional tridimensional basado en estudios de neuroimagen.
- Gujral, S., Aizenstein, H., Reynolds, C. F., 3rd, Butters, M. A., & Erickson, K. I. (2017). Exercise effects on depression: Possible neural mechanisms. *General hospital psychiatry*, *49*, 2–10. <https://doi.org/10.1016/j.genhosppsy.2017.04.012>
- Gur, R. C., Turetsky, B. I., Matsui, M., Yan, M., Bilker, W., Hughett, P., & Gur, R. E. (1999). Sex differences in brain gray and white matter in healthy young adults: correlations with cognitive performance. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, *19*(10), 4065–4072. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.19-10-04065.1999>
- Hao, Y., Bertolero, M., & Farah, M. J. (2022). Anger, Fear, and Sadness: Relations to Socioeconomic Status and the Amygdala. *Journal of cognitive neuroscience*, *34*(10), 1928–1938. [https://doi.org/10.1162/jocn\\_a\\_01892](https://doi.org/10.1162/jocn_a_01892)
- Inglés, C. J., González, C., García-Fernández, J. M., Vicent, M., & Sanmartín, R. (2016). Estudio correlacional entre el afecto negativo y el rechazo escolar. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, *1*(1), 95-101. <https://doi.org/10.1111/cdev.12717>

- Lapate, R. C., Rokers, B., Tromp, D. P., Orfali, N. S., Oler, J. A., Doran, S. T., Adluru, N., Alexander, A. L., & Davidson, R. J. (2016). Awareness of Emotional Stimuli Determines the Behavioral Consequences of Amygdala Activation and Amygdala-Prefrontal Connectivity. *Scientific reports*, 6, 25826. <https://doi.org/10.1038/srep25826>
- López-Gómez, I., Hervás, G., & Vázquez, C. (2015). Adaptación de las "Escalas de afecto positivo y negativo" (PANAS) en una muestra general española. *Psicología conductual*, 23(3), 529-548.
- NIH Toolbox. (s.f.). *NIH Toolbox: Advancing the measurement of health*. NIH Toolbox. <https://nihtoolbox.org/>
- Pedersen, W. S., Dean, D. C., Adluru, N., Gresham, L. K., Lee, S. D., Kelly, M. P., Mumford, J. A., Davidson, R. J., & Schaefer, S. M. (2022). Individual variation in white matter microstructure is related to better recovery from negative stimuli. *Emotion (Washington, D.C.)*, 22(2), 244–257. <https://doi.org/10.1037/emo0000996>
- Pilkonis, P. A., Choi, S. W., Salsman, J. M., Butt, Z., Moore, T. L., Lawrence, S. M., Zill, N., Cyranowski, J. M., Kelly, M. A., Knox, S. S., & Cella, D. (2013). Assessment of self-reported negative affect in the NIH Toolbox. *Psychiatry research*, 206(1), 88–97. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2012.09.034>
- Piqueras Rodríguez, J. A., Linares, V. R., Martínez González, A. E., & Oblitas Guadalupe, L. A. (2009). Emociones negativas y su impacto en la salud mental y física. *Suma psicológica*, 16(2), 85-112.
- Psicología infantil Abaco (29 de mayo de 2020). *¿Cómo afectan las emociones a nuestro cerebro?* <https://psicoabaco.es/como-afectan-las-emociones-a-nuestro-cerebro/>
- Ruiz-García, R. G., Chacón-González, J., Bayliss, L., & Ramírez-Bermúdez, J. (2021). Neuropsiquiatría del síndrome de Susac: a propósito de un caso. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 50(2), 146-151.
- Salat, D. H., Tuch, D. S., Greve, D. N., van der Kouwe, A. J., Hevelone, N. D., Zaleta, A. K., Rosen, B. R., Fischl, B., Corkin, S., Rosas, H. D., & Dale, A. M. (2005). Age-related alterations in white matter microstructure

measured by diffusion tensor imaging. *Neurobiology of aging*, 26(8), 1215–1227. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2004.09.017>

Tierra, C. S., & Bryson, B. La mielina| Scitable.

Toro Tobar, R. A., Alfaro Medina, D. M., Juyó Mosuca, E. V., & Sandino Serrano, V. (2020). Rumiación cognitiva y afecto negativo como predictores diferenciales de los síntomas psicopatológicos internalizantes. *Psychologia. Avances de la Disciplina*, 14(2), 27-36.

Tymofiyeva, O., Henje, E., Yuan, J. P., Huang, C. Y., Connolly, C. G., Ho, T. C., Bhandari, S., Parks, K. C., Sipes, B. S., Yang, T. T., & Xu, D. (2021). Reduced anxiety and changes in amygdala network properties in adolescents with training for awareness, resilience, and action (TARA). *NeuroImage. Clinical*, 29, 102521. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2020.102521>

## Anexos

### Anexo I

*Resultados ANOVA de las escalas no significativas*

<b>Escala</b>	<b>Estimate</b>	<b>SE</b>	<b>t-value</b>	<b>p-value</b>
Enfado	0.0004821	0.0024875	0.194	0.846
Ira/Hostilidad	0.003774	0.002512	1.503	0.133
Ira/Agresividad	0.002681	0.002574	1.042	0.298
Miedo/Excitación	0.0007934	0.0024885	0.319	0.75
Somática				
Significado y propósito	0.0004614	0.0024965	0.185	0.853
Afecto positivo	0.0009303	0.0024926	0.373	0.709
Amistad	-0.002708	0.002489	-1.088	0.277
Soledad	-0.002894	0.002486	-1.164	0.244
Hostilidad percibida	0.002843	0.002506	1.134	0.257
Rechazo percibido	0.001377	0.002488	0.553	0.58
Apoyo emocional	-0.002708	0.002506	-1.080	0.28
Apoyo instrumental	-0.001331	0.002492	-0.534	0.593
Estrés percibido	0.001746	0.002488	0.702	0.483
Autoeficacia	-0.002975	0.002497	-1.191	0.234