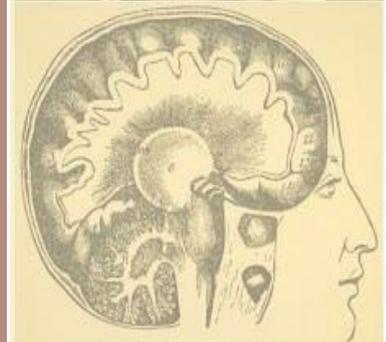
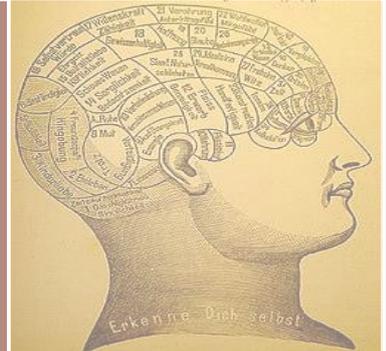




¿Tienen una base neurocientífica las técnicas de meditación?

GRADO EN BIOLOGÍA



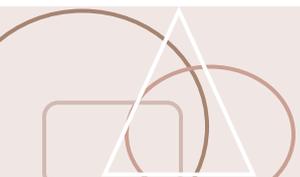
TRABAJO FIN DE GRADO

REALIZADO POR: LAURA OLMEDO MORENO

DEPARTAMENTO DE FISIOLÓGÍA

CURSO ACADÉMICO 2018-19





<<Entre el estímulo y la respuesta hay un espacio.
En ese espacio se halla nuestro poder de elegir la respuesta.
En nuestra respuesta se basa nuestro crecimiento y nuestra libertad>>,
Victor Frankl



ÍNDICE

Glosario de abreviaturas.....	5
SECCIÓN I: Antes de empezar.....	6
1.Introducción.....	6
2.¿Qué es la meditación?.....	7
2.1. <i>Mindfulness</i>	7
2.1. 1. Técnicas <i>mindfulness</i>	8
3. Técnicas de exploración cognitiva y metodología.....	9
SECCIÓN II: Aspectos del <i>mindfulness</i>.....	11
4.Estado cerebral.....	11
4.1.¿Qué es la conectividad cerebral y principios de ésta?.....	11
4.2.Estado de reposo y estado de meditación.....	11
4.3.Componentes del <i>mindfulness</i>	13
4.3.1.Atención.....	13
4.3.1.1.Componentes del sistema de atención.....	13
4.3.1.2.Mecanismos neuronales.....	14
4.3.1.3.Efectos del <i>mindfulness</i> en la atención y en mecanismos neuronales.....	14
4.3.2.Regulación de emociones.....	16
4.3.2.1.Emociones.....	16
4.3.2.2.Mecanismos neuronales.....	16
4.3.2.3.Efectos del <i>mindfulness</i> en la regulación emocional y en mecanismos neuronales.....	17
4.3.3.Consciencia corporal.....	19
4.3.3.1. Efectos del <i>mindfulness</i> en la consciencia corporal y mecanismos neuronales.....	19
SECCIÓN III: <i>Mindfulness</i> como técnica de aplicabilidad terapéutica.....	21
5.Estrés.....	21
5.1.Sistemas asociados al control del estrés agudo y retroalimentación negativa.....	21
5.2. <i>Mindfulness</i> y estrés.....	23
SECCIÓN IV: Más allá de la neurociencia.....	25
6.Epigenética del estrés y meditación.....	25
7.Conclusiones y perspectivas futuras.....	26
BIBLIOGRAFÍA.....	28

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

- ACTH:** hormona adrenocorticotropa
- CAD:** circuito de activación por defecto
- CCA:** corteza cingulada anterior
- CCP:** corteza cingulada posterior
- CIS:** *chronic immobilization stress* (estrés de inmovilización crónica)
- CLT:** corteza lateral temporal
- CPF:** corteza prefrontal
- CPFdL:** corteza prefrontal dorsolateral
- CPFdM:** corteza prefrontal dorsomedial
- CPFvM:** corteza prefrontal ventromedial
- CRH:** hormona liberadora de corticotropina
- FH:** formación hipocampal
- GR:** receptor de glucocorticoides
- HHA:** eje hipotalámico-hipofisario-adrenal
- IBMT:** *integrative body-mind training*
- LPI:** lóbulo parietal inferior
- MBCT:** *meditation body cognitive technique*
- MBSR:** *meditation body stress reduction*
- MR:** receptor de mineralocorticoides
- Rsp:** corteza retrospinal
- SNA:** sistema nervioso autónomo



SECCIÓN I: ANTES DE EMPEZAR.

1. INTRODUCCIÓN.

Las técnicas de meditación tienen un origen religioso y espiritual intrínseco, y son practicadas desde hace más de 5000 años en la cultura oriental. En los últimos cuarenta años, estas técnicas han ido adquiriendo popularidad en la cultura occidental e incluso se han creado vertientes bajo el nombre de *mindfulness*, para usos clínicos en la depresión, trastornos de ansiedad y estrés post-traumático, entre otros (Ospina, M., 2007).

Estamos ante una sociedad multitarea, como Perla Kaliman habla en su libro *La ciencia de la meditación* (Kaliman, P., 2017), donde predominan el estrés y las diversas alteraciones sobre la salud producidas por éste, según datos recogidos en la Organización Mundial de la Salud (Stavroula, L. et al., 2004). Esta sociedad estresada requiere de sistemas de evasión, y aquí es donde pueden tener trascendencia las técnicas de meditación. En este punto cabe reflexionar sobre la veracidad científica de estas nuevas metodologías, ¿poseen estas una base científica o son un arma de doble filo en el actual periodo consumista? ¿Podría la práctica de *mindfulness* generar cambios beneficiosos para la salud del individuo?

Dentro de todo esto, se llega a la especulación de si las técnicas de meditación pueden producir cambios en el cerebro. Durante mucho tiempo, se ha pensado que el cerebro era algo estático, sin capacidad de modelaje. Hoy en día, el panorama en la neurociencia es totalmente distinto, existiendo un aumento considerable de estudios sobre la meditación, habiendo científicos que incluso se atreven a hablar de una nueva área denominada neurociencia contemplativa, centrada en los cambios cerebrales resultantes de la práctica de técnicas de meditación. En este trabajo se recopilarán los efectos de estas técnicas a distintos niveles de experiencia, los cambios en la estructura del cerebro, las transformaciones funcionales y también se hablará en términos de epigenética, todo desde una perspectiva objetiva donde se tendrán en cuenta todo tipo de resultados publicados al respecto.

2. ¿QUÉ ES LA MEDITACIÓN?

El verbo meditar procede del latín *meditari*, definiéndose como el alcance de un estado de contemplación y reflexión. No existe una explicación consenso para las técnicas de meditación, debido a la variabilidad y la carencia de una exhaustiva taxonomía. La meditación, podría definirse como un entrenamiento mental que requiere la mente vacía y serena, cuyo objetivo es la observación y la consciencia del entorno, sin juzgarlo (Ospina, M., 2007).

Según Ospina, M. (2007) para que una técnica se encuentre dentro de la meditación, se han de cumplir los siguientes aspectos: la técnica debe ser específica y clara, debe haber relajación muscular durante el proceso, relajación mental, un estado auto-inducido y habilidad para el mantenimiento de la concentración. Los componentes principales para estas técnicas son: **posturas específicas**, **respiración**, **mantra** (elemento usado para mantener la concentración, como una palabra), **relajación**, **atención**, **espiritualidad/creencia** y **entrenamiento** (Ospina, M., 2007).

Las técnicas meditativas pueden clasificarse según: **objetivo principal** (terapéutico o espiritual), **tipo de anclaje** para mantener la concentración (palabra, respiración, sonido, objeto o sensación) y **postura usada** (con o sin movimiento). Las más estudiadas para su posible utilidad terapéutica son: **mantra**, **qi-gong**, **yoga**, **taichí** y **mindfulness** (Ospina, M., 2007). Dentro de estas técnicas este trabajo se centrará en el *mindfulness*.

2.1. MINDFULNESS.

El *mindfulness*, también conocido como técnica de atención plena, es un procedimiento que consiste en la focalización del momento presente, combinando el control de la atención con una actitud de curiosidad, receptividad y aceptación hacia la experiencia. La finalidad del *mindfulness* es la observación de nuestros pensamientos y sentimientos, evitando una reacción automática a ellos (Campayo, J. G. et al., 2018). La mayoría de estudios neurocientíficos se basan en distintas vertientes del *mindfulness*: **meditación vipassana**, **meditación budista zen**, **MBSR** (*meditation body stress reduction*), **MBCT** (*meditation body cognitive technique*) (Ospina, M., 2007) e **IBMT** (*integrative body-mind training*) (Tang, Y. Y. et al., 2015) (Figura 1).



2.1.1. TÉCNICAS *MINDFULNESS*.

Meditación vipassana: practicada por el budista Gautama hace más de 2.500 años, procedente del sur y sureste de Asia. Define la naturaleza como: temporal (*anicca*), dolorosa (*dhuta*) y no existente (*anatta*) (Ospina, M., 2007). El significado de *passana*, palabra procedente del pali, es ver las cosas de forma ordinaria tal y como son. Tiene como objetivo evitar la subjetivización del entorno (Art, W., 2009).

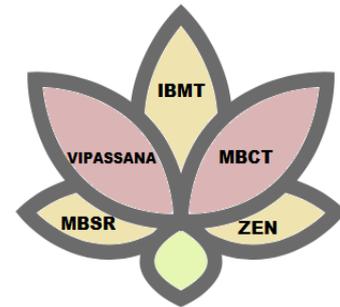


Figura 1: Esquema de las principales técnicas mindfulness: Vipassana, IBMT, MBCT, meditación Zen, y MBSR.

Meditación budista Zen: técnica de meditación originaria de la India hace miles de años, e introducida en Japón en 1191 A.D (Ospina, M., 2007). Es una técnica centrada en la apertura de la mente ante el reconocimiento de episodios de distracción y divagaciones, centralizada en la postura de piernas cruzadas y en la regulación consciente de la atención (Pagnoni, G. et al., 2007).

MBSR (meditation body stress reduction): técnica estandarizada de ocho semanas, creada por Dr. Jon Kabatt- Zinn en 1979, para el uso en pacientes con dolor crónico en enfermedades como cáncer, síndrome de inmunodeficiencia adquirida, desórdenes emocionales y de comportamiento, entre otros (Ospina, M., 2007).

MBCT (meditation body cognitive technique): técnica desarrollada en 1990 por Zindel Segal, Mark Williams y John Teasdale. Es una práctica de ocho semanas basada en la técnica MBSR, y cuyo objetivo es evitar la recidiva de pacientes con depresión. La meditación MBCT, al igual que la anterior, es una técnica estandarizada y permite el cambio mental respecto a pensamientos, sentimientos y sensaciones corporales que cooperan a la recaída (Ospina, M., 2007).

IBMT (integrative body-mind training): técnica desarrollada en 1990, cuya finalidad es la mejora del rendimiento cognitivo y emocional y el desarrollo de habilidades sociales. En el IBMT, el dominio de pensamientos se consigue paulatinamente con el

tiempo, con ayuda de posturas y relajación, el control aparece a causa de una armonía cuerpo-mente (Tang, Y. Y., 2011).

3. TÉCNICAS DE EXPLORACIÓN COGNITIVA Y METODOLOGÍA.

Las técnicas mayoritariamente empleadas para comprobar las diferencias en los distintos estados cerebrales (explicados en el apartado 4) en las investigaciones recogidas en la revisión de Tang, Y. Y. et al. (2015), han sido principalmente la **resonancia magnética¹**, **resonancia magnética funcional²** y **tensor de difusión³**. Las imágenes obtenidas por estas metodologías permiten la realización de estudios morfométricos, calculando índices entre los que se incluyen el grosor cortical, volumen de materia gris y/o densidad, difusión axial y radial de moléculas de agua y anisotropía fraccional⁴ (Tang, Y. Y. et al., 2015) (Tabla 1).

1. Resonancia magnética: técnica basada en la captación de energía por parte de los protones de hidrógeno del agua, y la alteración de la orientación espacial al incidir ondas electromagnéticas de radiofrecuencia (Ripoll, D. R., 2014).

2. Resonancia magnética funcional: técnica basada en diferencias de actividad cerebral según cantidad de desoxihemoglobina y oxihemoglobina (Ripoll, D. R., 2014).

3. Tensor de difusión: técnica basada en la difusión del agua en determinadas direcciones, según disposición de materia blanca (Ripoll, D. R., 2014).

4. Anisotropía fraccional: medida relacionada con dirección de difusión de agua y forma del tensor de difusión por unidad de imagen (Ripoll, D. R., 2014).

Tabla 1: Definiciones de los términos resonancia magnética, resonancia magnética funcional, tensor de difusión y anisotropía fraccional.

Estas técnicas se han aplicado en **estudios transversales** y **longitudinales**. Las diferencias entre ambos se centran en las etapas de meditación de los grupos de estudio (basadas en el nivel de experiencia), las repeticiones en el tiempo y los grupos control. En la mayoría de **estudios transversales**, se comparan datos de meditadores avanzados (de cientos a miles horas de práctica, como monjes budistas) con datos de un grupo control no practicante, en un punto del tiempo. La problemática en este tipo de estudios recae en la imposibilidad de establecer la meditación como la causa de los cambios, ya que podría haber un nexo con diferencias cerebrales previas que originan la capacidad del alto interés por la meditación. Por otro lado, los estudios más recientes han sido

longitudinales. Este tipo de investigaciones, comparan datos de uno o más grupos de meditadores principiantes (días a tres meses de práctica) con controles, en varios puntos del tiempo. En este caso, los cambios sí pueden relacionarse con las técnicas de meditación, ya que el estudio se inicia desde el principio de las prácticas (Tang, Y. Y. et al., 2015).

El estudio de los cambios cerebrales generados por las técnicas *mindfulness* implica un obstáculo, que es la capacidad de discernir qué alteraciones cerebrales son intrínsecas a estas prácticas de meditación y cuáles se generan por otras variables. En diversos estudios dentro de los grupos control, se han tenido en cuenta factores como el tiempo de duración de la práctica, estilo de vida, dieta e incluso se han realizado intervenciones activas, como clases de control del estrés, programas de estilos de vida sanos y ejercicios de relajación. Con este tipo de actuaciones sobre los grupos control, se pretende mejorar la fiabilidad de los datos, y centrarse en las modificaciones cerebrales producidas exclusivamente por el *mindfulness* (Tang, Y. Y. et al., 2015).

En todas las investigaciones ha habido una gran variedad de resultados según el diseño de estudio, las medidas que se han llevado a cabo y el tipo de técnica de meditación. Se ha de tener en cuenta que la mayoría de hallazgos no han sido replicados y, existe una fuerte tendencia a la publicación de resultados positivos (Tang, Y. Y. et al., 2015). Además, muchos estudios longitudinales están compuestos por grupos pequeños como es en el caso del estudio de Tang, Y. Y. (2011), donde se sacan resultados de un grupo de 46 personas.



SECCIÓN II: ASPECTOS DEL MINDFULNESS.

4. ESTADO CEREBRAL.

En el estudio de posibles cambios cerebrales tras la realización de la práctica *mindfulness*, las condiciones de comparación deben de ser aquellas que distingan el estado de atención plena con otro estado cerebral. La mayoría de las investigaciones se centran en la comparativa entre el estado de atención plena y el estado de reposo (Tang, Y. Y. et al., 2015). Para la comprensión de estos tipos de estados, se explicará el concepto de **conectividad cerebral** y las diferencias entre los estados cerebrales.

4.1. ¿QUÉ ES LA CONECTIVIDAD CEREBRAL Y CUÁLES SON LOS PRINCIPIOS DE ÉSTA?

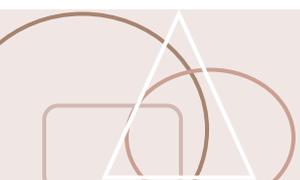
La conectividad cerebral podría definirse como la interconexión de las distintas áreas del cerebro a nivel estructural y funcional. La organización de la actividad cerebral se debe al principio de **segregación** y de **integración funcional**. La segregación funcional, consiste en la asociación de tareas en determinadas regiones cerebrales, con la finalidad de delimitar unas funciones a unas regiones. Por otro lado, la integración funcional consiste en la fusión de tareas en diferentes regiones sin tener que converger en una estructura única, originando una función cognitiva más compleja (Ripoll, D. R., 2014).

La conectividad cerebral, genera **estados cerebrales**, que son patrones de actividad encargados de la co-activación y/o conectividad de múltiples redes neuronales a gran escala. La habilidad para mantener el cerebro en un estado y cambiarlo entre otros es crucial para la regulación y adaptación a los distintos ambientes que el ser humano ocupa (Tang, Y. Y. et al., 2012b).

4.2. ESTADO DE REPOSO Y ESTADO DE MEDITACIÓN.

ESTADO DE REPOSO.

En el contexto científico, el estado de reposo es aquel que va seguido de las instrucciones de tumbarse, relajarse y no realizar ninguna actividad; los ojos pueden



estar cerrados o abiertos, y fijados en algo o no. Aunque este estado no envuelve actividades, en reposo se puede observar una fuerte activación de varias áreas cerebrales, presentando una alta tasa metabólica en el cerebro (Tang, Y. Y. et al., 2012b).

ESTADO DE MEDITACIÓN.

El estado de meditación requiere de un entrenamiento específico como los nombrados en el apartado 2.1.1. La inducción a este estado difiere según la técnica, por lo que es difícil separar la descripción del estado de meditación y el entrenamiento necesario para alcanzarlo. Las distintas técnicas de meditación siguen diversas estrategias para el control de la atención, envolviendo una variedad de procesos mentales y distintas redes neuronales (Tang, Y. Y. et al., 2012b). Las etapas del estado *mindfulness* según el esfuerzo necesario para el mantenimiento de éste son:

- **Etapa temprana (etapa 1):** para conseguir esta fase se necesita la reducción o incluso la eliminación de la atención sobre los estímulos externos. La atención requiere de control consciente y esfuerzo mental (Tang, Y. Y. et al., 2012b).
- **Etapa intermedia (etapa 2):** los participantes ejercen un esfuerzo apropiado para lidiar con las distracciones. Una de las principales características de la etapa 2 es que los practicantes son capaces de realizar cambios rápidos cuando son conscientes de las distracciones que los alejan del presente. Esto último sugiere que la red de control de la atención está implicada, al igual que en la etapa 1 (Tang, Y. Y. et al., 2012b).
- **Etapa avanzada (etapa 3):** normalmente los pensamientos se eliminan con poco o sin ningún esfuerzo, y el estado de meditación se mantiene con facilidad (Tang, Y. Y. et al., 2012b).

En principiantes las redes neuronales requieren de mayor control para mantener el estado, mientras que a medida que se avanza en las prácticas, la regulación es menor y por tanto el esfuerzo para lograr el estado disminuye (Tang, Y. Y. et al., 2012b).



4.3. COMPONENTES DEL *MINDFULNESS*.

Las técnicas de *mindfulness* se caracterizan por la cooperación de tres componentes principales, que son la **atención**, la **consciencia corporal** y la **regulación emocional**. Cada uno de estos componentes se lleva a cabo por diferentes interconexiones cerebrales, que a su vez presentan cambios entre meditadores y controles. Cualquiera de los tres elementos, puede influenciar en cualquier momento determinado a distintos niveles durante el proceso de atención plena. Dentro de estos tres componentes, existen generalmente alteraciones de ocho regiones cerebrales: **corteza prefrontal** (relacionada con la metaconsciencia), **corteza sensorial** e **ínsula** (relacionadas con la consciencia corporal), **hipocampo** (memoria), **corteza orbitofrontal**, **corteza cingulada anterior**, **corteza cingulada media** (intervienen en la regulación emocional), **fascículo longitudinal superior** y **cuerpo calloso** (relacionados con la comunicación dentro y entre los hemisferios cerebrales) (Tang, Y. Y. et al., 2015) .

En los siguientes apartados procederemos a la definición de cada uno de los constituyentes del *mindfulness*, las vías implicadas y los progresos de estas conexiones tras la práctica reiterada de esta técnica de meditación.

4.3.1. ATENCIÓN.

Según la clásica definición de William James en 1890, la atención es <<tomar posesión por parte de la mente, de forma clara y vívida, de uno de los varios posibles objetos del pensamiento que aparecen de forma simultánea. Su esencia está constituida por la focalización, la concentración y la consciencia. Atención significa dejar ciertas cosas para tratar de forma efectiva otras>> (Ripoll, D. R., 2014). La atención no es un sistema único, en ella están implicados los sistemas de **alerta**, **orientación atencional** y **control ejecutivo** (Posner, M. I. et al., 1990).

4.3.1.1. COMPONENTES DEL SISTEMA DE ATENCIÓN.

La atención, como se ha dicho, permite la **concentración direccional** sobre un objeto de forma **consciente**. En nuestra definición, aparecen las distintas redes anatómicas de este sistema. La **concentración** constante sobre un elemento, viene determinada por la



red de alerta. La **red de alerta** permite la preparación ante la aparición de estímulos, mediante una vigilancia constante, de manera que se pueda responder de la forma más rápida posible (Posner, M. I. et al., 1990). La **direccionalidad**, se produce por la **red de orientación**, necesaria para evitar el resto de las circunstancias. Existen dos formas de orientar la atención: **voluntaria/endógena**, conforme a los objetivos propios (como la concentración en mantener atención en la práctica *mindfulness*) e **involuntaria/exógena** conforme a los objetivos externos (como escuchar un ruido y centrar la direccionalidad en éste) (Ripoll, D. R., 2014). Tanto la red de orientación como la red de alerta son mecanismos que aseguran una respuesta rápida (Posner, M. I. et al., 1990). Por último, ser consciente de todo el mecanismo viene determinado por la **red de control ejecutiva**, que regula los conflictos de pensamientos, sentimientos y respuestas entre las distintas áreas neuronales (Posner, M. I. et al., 2007). Este componente, al contrario que los otros dos, da lugar a una ralentización del todo sistema (Petersen, S. E. et al., 2012).

4.3.1.2. MECANISMOS NEURONALES.

Una vez conocidos los sistemas que conforman la atención, la pregunta es, a nivel cerebral ¿intervienen distintas estructuras y/o moduladores químicos? La respuesta es sí, las tres redes anatómicas difieren tanto en estructuras cerebrales como neurotransmisores. En la red de alerta las áreas involucradas son, el **locus coeruleus**, el **tálamo** y regiones **frontales y parietales** de la corteza, el modulador de éstas es la **adrenalina**. En la **red de orientación**, las estructuras cerebrales implicadas son el **lóbulo parietal superior**, la **unión parietal temporal**, **campos oculares frontales** y **colículo superior**, y el principal neurotransmisor implicado es la **acetilcolina**. La **atención ejecutiva**, compromete a la corteza cingulada **anterior**, el **área ventral lateral**, la **corteza prefrontal** y los **ganglios basales**, en este caso el principal neurotransmisor es la **dopamina** (Posner, M. I. et al., 2007).

4.3.1.3. EFECTOS DEL MINDFULNESS EN LA ATENCIÓN Y EN MECANISMOS NEURONALES.

Numerosos estudios se han centrado en los efectos del *mindfulness* en las redes neuronales implicadas en la atención. Entre los cambios se han observado **mejoras en la atención ejecutiva**, tanto en meditadores expertos como principiantes (Slagter, H. A.



et al., 2007). Además, en un entrenamiento IBMT de cuatro semanas en comparación con uno de una semana, se obtuvieron resultados de una **mejora en la red de alerta** (Tang, Y. Y. et al., 2015). En el apartado anterior, se han nombrado las distintas áreas cerebrales que influyen en los elementos de la atención, aquí cabría preguntarnos ¿cuáles son las regiones que originan las mejorías en estos componentes?

Los efectos en los mecanismos neuronales han sido varios. En meditadores se ha observado una **mayor actividad en la corteza prefrontal dorsolateral (CPFdL)** (Tang, Y. Y. et al., 2015) y una **mayor integridad de la sustancia blanca de la corteza cingulada anterior (CCA)**, relacionada con la morfología de los axones y las características de las bandas de mielina (Tang, Y. Y. et al., 2012a). La CCA y la CPFdL, son regiones cerebrales bastante influenciadas por la meditación que permiten mejor control sobre la atención ejecutiva (Tang, Y. Y. et al., 2015). En una investigación de la meditación Zen, se observó que la disminución de materia gris en el **putamen**, característica de la edad, no se hace evidente en individuos que practican esta técnica de meditación. El putamen es una estructura presente en el cerebro de humanos que está implicada en la actividad motora voluntaria y el aprendizaje, asimismo, participa en la flexibilidad cognitiva y la atención. Como se dijo en un principio, la técnica de meditación Zen se centra en la regulación consciente de la atención y la postura, que están directamente relacionadas con las funciones del putamen. Se podría suponer, que la práctica de esta meditación tiene efectos neuroprotectores sobre esta estructura y reduce el deterioro de la misma relacionado con la edad (Pagnoni, G. et al., 2007) (Tabla 2).

La incógnita de cómo cada práctica de meditación afecta a los distintos componentes de la atención aún no se ha solucionado, no se puede concluir si las diferencias se deben a la técnica, controles inadecuados u otros factores. Asimismo, la información acerca de la duración de cada ejercicio no se especifica en todos los estudios (Tang, Y. Y. et al., 2015).

4.3.2. REGULACIÓN DE EMOCIONES.

Como hemos ido viendo, la atención plena origina cambios significativos en la estructura cerebral, esto genera la regulación de los otros dos componentes principales del *mindfulness*: **modulación emocional** (intervención de las emociones sobre las experiencias) y al **desarrollo de la metaconsciencia** (darse cuenta de la experiencia y del entorno) (Kaliman, P., 2017). En los dos próximos puntos, procederemos a desarrollar los cambios que genera la práctica del *mindfulness* sobre estos elementos.

4.3.2.1. EMOCIONES.

Normalmente, el término emoción es muy utilizado para expresar los sentimientos personales del día a día, pero realmente desde el punto de vista científico ¿qué podría entenderse como emoción?

En el ser humano la emoción se considera un estado del organismo con distintos niveles de manifestación, **fisiológico**, **conductual** y **cognitivo** o de **sentimiento**. El estado fisiológico, viene determinado por el sistema nervioso autónomo (SNA) y por el sistema neuroendocrino; el estado conductual abarca las respuestas motoras tanto a nivel facial como corporal; y el nivel cognitivo, determina la valoración de la situación y la consciencia del estado emocional. Las emociones son consideradas estados que permiten la supervivencia del individuo, permitiendo reaccionar ante distintas situaciones según el significado personal o la importancia biológica (Ripoll, D. R., 2014). Ekman y colaboradores establecieron seis emociones primarias entre las que se encontraban la sorpresa, el enfado, la tristeza, la alegría, el asco y el miedo (Ekman et al., 1971). Cada una de estas emociones posee diferencias en los distintos niveles de manifestación, en este trabajo nos centraremos en el miedo, ya que éste es una de las principales causas de los trastornos de ansiedad que suponen uno de los principales objetivos por el que las personas recurren a técnicas *mindfulness*.

4.3.2.2. MECANISMOS NEURONALES.

El miedo está presente en muchas situaciones del ser humano, pero realmente ¿qué se entiende por miedo y qué sentido tiene esta emoción? ¿Qué estructuras son las



responsables de éste? El miedo, podría definirse como el sistema de alarma que el cerebro activa ante peligros, siendo útil para la supervivencia y adaptación (Parcet, A. A. et al., 2016). El origen de éste tiene lugar en varias estructuras cerebrales, iniciándose en la **amígdala**, estructura que recibe la información sensorial. Según el tipo de estímulo sensitivo, la información es recibida en el **núcleo corticomedial** (olfato) o **basolateral** (oído, vista, tacto o gusto) de la amígdala. Estos dos núcleos, envían la información al **núcleo central** y de éste, la información se dirige al **hipotálamo**, encargado de la activación del SNA (sudoración, aumento frecuencia cardiaca, entre otras), a **la corteza cerebral**, encargada del contraste con la experiencia personal y a **la sustancia gris periacueductal del tronco encefálico**, que interviene en la reacción conductual (Figura 2). Dentro de estas estructuras, gran importancia recae en la amígdala y, en el caso de humanos, también en la **corteza prefrontal ventromedial** (CPFvM) (Ripoll, D. R., 2014). La CPFvM determina decisiones tras el análisis de la emoción del miedo. Esta estructura recibe información de la amígdala y de sistemas sensitivos, y envía una información de control que repercute sobre las respuestas fisiológicas y conductuales. Este control por parte de la CPFvM tiene un gran papel en la personalidad de las personas, puesto que, dependiendo de su regulación sobre los componentes de la emoción del miedo, se podrán generar distintas respuestas según el individuo (Ripoll, D. R., 2014).

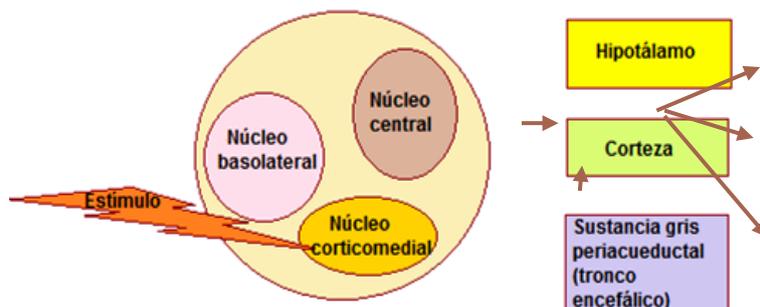


Figura 2: Esquema de las distintas estructuras que participan en el miedo. Entre ellas se encuentra el núcleo basolateral, el núcleo corticomedial y el núcleo central de la amígdala, el hipotálamo, la corteza y la sustancia gris periacueductal (tronco encefálico).

4.3.2.3. EFECTOS DEL *MINDFULNESS* EN LA REGULACIÓN EMOCIONAL Y EN LOS MECANISMOS NEURONALES.

La **regulación emocional** en el *mindfulness*, se puede llevar a cabo a través de varios mecanismos: la **revaluación** y la **exposición, extinción** y **consolidación**. La

revaluación, se trata de un proceso adaptativo en el que se cambia un agente estresante por uno beneficioso (mirar el lado positivo de una situación complicada), mientras que la exposición, extinción y consolidación, respaldan vivir cada sensación experimentada sobre el entorno, evitando involucrarse y aceptando las respuestas corporales (enfrentarse a la tristeza, ira, agresión y miedo) (Hölzel, B. K. et al., 2011). Una vez establecidos los conceptos básicos del miedo y teniendo en cuenta que uno de los elementos trabajados por el *mindfulness* es la regulación emocional, cabría cuestionarnos si existen evidencias de alguna influencia de las técnicas de atención plena sobre el circuito del miedo.

El análisis de emociones en los diversos estudios se ha basado en el uso de imágenes, palabras y/o afirmaciones emotivas presentadas a las personas en estado de atención plena y en estado de reposo. Algunas investigaciones demuestran cambios en la regulación emocional en practicantes de *mindfulness* como reducción de la interferencia emocional ante estímulos desagradables, disminución de la respuesta fisiológica característica de la ansiedad o mayor capacidad de retorno a la línea basal emocional (Tang, Y. Y. et al., 2015).

Por otra parte, diversas investigaciones han focalizado su estudio en los mecanismos neuronales, ¿cuáles podrían ser las variaciones cerebrales que originan estos cambios en la regulación emocional? Como se ha explicado anteriormente, la amígdala y la CPFvM adquieren un importante papel en la emoción del miedo. En meditadores principiantes, se ha demostrado una mayor regulación a nivel cognitivo por parte de la CPF e inhibición de la **amígdala**, originando una menor excitación emocional. En el caso de meditadores expertos, no existe dicha gestión emocional, al contrario, se halla una menor activación de ese control cognitivo, siendo más tolerantes a las distintas emociones. Esta disimilitud se podría deber a que, en niveles iniciales, como se explicó al inicio del apartado 4, existe un mayor esfuerzo a la hora de aceptar las sensaciones sin prejuicios, originando una sensibilización emocional con necesidad de control. Sin embargo, en meditadores avanzados, la reducción de la actividad de la CPF podría interpretarse como disminución en el control emocional y aceptación de las sensaciones afectivas (Tang, Y. Y. et al., 2015) (Tabla 2). La gran pregunta se centra en si estos efectos beneficiosos están relacionados con el entrenamiento *mindfulness*. La relación



entre esfuerzo y la activación, reducción o inhibición de estas áreas es algo que requiere una mayor investigación (Tang, Y. Y. et al., 2015).

4.3.3. CONSCIENCIA CORPORAL.

Como ya se ha mencionado uno de los puntos de trabajo en el *mindfulness* es la **metaconsciencia**, ser conscientes de la consciencia, teniendo en cuenta la capacidad de percibir sensaciones corporales leves. El desarrollo de la percepción de las sensaciones corporales en el *mindfulness* tiene como función la eliminación de un yo estático, es decir, permite la experimentación constante de las sensaciones corporales en cada momento (tacto, olores, respiración, sonidos). Uno de los puntos a destacar en este elemento, es el cambio de actitud en el día a día de las personas que practican la atención plena. A través de encuestas se han obtenido resultados de mejor autoestima y aceptación en personas que practican *mindfulness* (Emavardhana, T. et al., 1997). ¿Cómo podría explicarse esto a nivel empírico? Demostrar la percepción del yo, es una cuestión bastante complicada en la neurociencia, aunque existe una sugerencia de la visión que tiene el ser humano de si mismo, que sostiene que esta percepción viene influenciada por el **circuito de activación por defecto (CAD)** (Tang, Y. Y. et al., 2015).

4.3.3.1. EFECTOS DEL *MINDFULNESS* EN LA CONSCIENCIA CORPORAL Y LOS MECANISMOS NEURONALES.

Cuando se explicó la diferencia entre el estado de reposo y el de meditación, podría dudarse sobre el término reposo, puesto que normalmente las personas siempre tienen pensamientos en mente. Esta continua actividad cerebral es la que recibe el nombre CAD. El CAD está formado por regiones interconectadas, activas cuando las personas imaginan, piensan sobre el futuro, recuerdan y subjetivizan el medio externo (Ripoll, D. R., 2014). Se ha demostrado, que esta red está más activa cuando la mente está en un estado relajado, y tiende a presentar menor actividad cuando la atención está focalizada en alguna tarea, como es en el caso del *mindfulness* (Kaliman, P., 2017).

Las regiones que participan en este circuito son la **corteza prefrontal ventromedial (CPFvM)** y **dorsomedial (CPFdM)**, **corteza cingulada posterior (CCP)** o **corteza**



retrospinal (Rsp), precuneus, lóbulo parietal inferior (LPI), formación hipocampal (FH), corteza prefrontal (CPF) y corteza lateral temporal (CLT) (Solís, A. A., 2016).

La **CPFvM** y la **CCP**, regiones del CAD, mostraron una actividad menor en los meditadores de distintas técnicas en comparación con los controles, lo que se puede interpretar como una disminución del procesamiento referente a la propia persona como consecuencia de la meditación (Brewer, J.A. et al., 2011). Además, en estudios de conectividad funcional, se ha demostrado un mayor acoplamiento entre la CCP y la CPFdL en meditadores expertos, lo que podría interpretarse como un indicador de mayor control sobre la función del CAD (Brewer, J.A. et al., 2011) (Tabla 2).

Componente	Área y cambios	Resultados
Atención	CCA: mejor integridad de sustancia blanca	✓ Mejor atención ejecutiva
	Corteza prefrontal dorsolateral: mayor actividad	✓ Mejor red de alerta
	Putamen: no disminución materia gris	✓ Efectos neuroprotectores
Regulación emocional	Amígdala: menor actividad	✓ Mayor control cognitivo principiantes
	CPF: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mayor actividad principiantes ▪ Menor actividad expertos 	✓ Menor control cognitivo en expertos
Consciencia corporal	CPFvM: menor actividad CCP: menor actividad CCP- CPFdM mejor conectividad	✓ Menor actividad del CAD

Tabla 2: Resumen de los cambios observados en distintas áreas que intervienen en los componentes del *mindfulness*, junto a los resultados según la funcionalidad de éstas. CAA (Corteza cingulada anterior); CPF (corteza prefrontal); CPFv*(corteza prefrontal ventromedial); CCP (corteza cingulada posterior); CPFdM(corteza prefrontal dorsomedial); CAD (circuito de activación por defecto).

SECCIÓN III: MINDFULNESS COMO TÉCNICA DE APLICABILIDAD TERAPÉUTICA.

Las técnicas *mindfulness*, como se comentó en un principio, no sólo se utilizan en la cultura oriental como técnicas de meditación o espirituales, sino que hoy en día existen versiones estandarizadas para su utilización terapéutica en determinados trastornos, pero ¿realmente existen evidencias neurocientíficas de los beneficios terapéuticos del *mindfulness*?

En la actualidad, la mayoría de desórdenes tratados con estas técnicas de meditación están relacionados con los **trastornos de ansiedad** (Kaliman, P., 2017). Se calcula que 1 de cada 5 personas en nuestro país, consultará a expertos por alguno de estos trastornos. Los trastornos de ansiedad son enfermedades secundarias del estrés y cuya sintomatología principal es el miedo y la inseguridad (Jiménez, J. I. P., 2009). Ahora cabría cuestionarnos, qué es el estrés a nivel biológico, y , qué cambios genera para tener la capacidad de alterar la fisiología del organismo y producir variaciones cerebrales (Liston, C. et al., 2009).

5. ESTRÉS.

Se entiende por estrés a una respuesta de adaptación que permite a los mamíferos actuar frente a situaciones amenazantes. Este estado asegura la supervivencia a través de alteraciones fisiológicas como, inhibición de alimentación y reproducción, aumento de la frecuencia cardíaca y respiratoria, agudización cognitiva, mayor estado de alerta, direccionalidad de oxígeno y nutrientes. Cuando el factor estresante deja de actuar, existen sistemas de retroalimentación determinantes de la finalización de la respuesta al estrés (Hill, R. W. et al., 2006).

5.1. SISTEMAS ASOCIADOS AL CONTROL DEL ESTRÉS AGUDO y RETROALIMENTACIÓN NEGATIVA.

Los sistemas asociados simultáneamente en el control del estrés son el **sistema nervioso simpático** y el eje **hipotalámico-hipofisario-adrenal** (HHA). Pocos segundos después de la exposición a un estresor se liberan catecolaminas (**adrenalina** y **noradrenalina**)



desde los terminales nerviosos del sistema nervioso simpático y desde la médula de las glándulas suprarrenales. En paralelo, el estrés activa la liberación de la hormona liberadora de corticotropina (CRH) desde el **núcleo paraventricular del hipotálamo**, recorriendo la eminencia media transportada por el sistema porta hasta las células adrenocorticotropas de la **adenohipófisis**. Estas últimas, estimuladas secretan la **hormona adrenocorticotropa** (ACTH) a la circulación sistémica. Las dianas de la ACTH son las glándulas suprarrenales, que activadas liberan **glucocorticoides** desde la corteza de éstas (Hill, R. W. et al., 2006). Por otro lado, la CRH también actúa como neurotransmisor en determinadas regiones cerebrales, ya que activa el sistema nervioso simpático. Esto significa la unión de la respuesta “lucha o huida” simpática y la adrenocortical. Además, la CRH actúa como neurotransmisor o neuromodulador en la amígdala y el hipocampo. La **amígdala** activa el eje HHA, mientras que el **hipocampo** lo inhibe (Hill, R. W. et al., 2006).

Todo esto, lleva a la división de la respuesta al estrés en dos etapas. La primera fase, tiene lugar durante el primer minuto. En ella, las catecolaminas desencadenan cambios fisiológicos relacionados con el estrés (inhibición de alimentación y reproducción, aumento de frecuencia cardíaca y respiratoria, entre otros). La adrenalina junto con la CRH estimula la liberación de la ACTH, y esta última a su vez, estimula una mayor secreción de glucocorticoides. La segunda fase, se manifiesta tras la exposición aproximada de una hora al estrés. En esta etapa tiene lugar la liberación de glucocorticoides desde la corteza suprarrenal. Los glucocorticoides refuerzan las funciones de las catecolaminas y actúan sobre el metabolismo asegurando el suministro de energía continuo (Hill, R. W. et al., 2006).

Como se dijo en un inicio, este circuito deja de actuar cuando el factor estresante desaparece. La regulación de la liberación de glucocorticoides se lleva a cabo por **retroalimentación negativa**, es decir, la propia concentración de glucocorticoides provoca la inhibición de su secreción. La presencia de glucocorticoides da lugar a la inhibición del eje a nivel del hipotálamo, reduciendo la liberación de CRH, y a nivel de la adenohipófisis, disminuyendo la respuesta de ACTH (Hill, R. W. et al., 2006). El sistema control de esta retroalimentación negativa en humanos, se lleva a cabo por la intervención de dos tipos de receptores que detectan las distintas concentraciones de glucocorticoides. El **receptor de mineralocorticoides** (MR), **tipo I** o **NR3C2**, con alta



afinidad a glucocorticoides, presente principalmente en el sistema límbico, y el **receptor de glucocorticoides (GR), tipo II o NR3C1**, con baja afinidad a los glucocorticoides, presente en diversas áreas cerebrales como hipófisis, núcleo paraventricular del hipotálamo, entre otros. Los receptores tipo I debido a su alta afinidad se encargan de la inhibición de glucocorticoides a niveles basales, mientras que los tipo II, se encargan de la inhibición cuando las concentraciones de glucocorticoides son elevadas, como en el caso del estrés agudo (Duval, F. et al., 2010).

5.3. *MINDFULNESS* Y ESTRÉS.

Una de las cuestiones a responder, es los efectos de la técnica de *mindfulness* sobre el estrés. Como se ha visto, el estrés es la base de diversos trastornos de ansiedad, por lo que el interés recae en si las técnicas de atención plena son capaces de realizar cambios neuronales que puedan reducir la respuesta al estrés.

El estrés y las hormonas relacionadas generan cambios morfológicos y funcionales en el cerebro en circunstancias normales, pero en situaciones de continuidad temporal puede generar daños (Duval, F. et al., 2010). Entre las regiones más vulnerables al estrés se encuentra la CPF, el hipocampo y la amígdala (Tang, Y. Y. et al., 2015). Estas transformaciones han sido descritas en ratas (Vyas, A. et al., 2002), y en humanos (Liston, C. et al., 2009). En el caso de ratas, se produce un cambio en el patrón neuronal de la amígdala y del hipocampo como consecuencia del estrés crónico. Por un lado, las neuronas del hipocampo presentan cambios morfológicos y reducción de las ramificaciones dendríticas, mientras que en la amígdala las neuronas piramidales y estrelladas del núcleo basolateral presentan una mayor ramificación (Vyas, A. et al., 2015). En el estudio liderado por Liston, C. et al. (2009), se observan alteraciones en las vías sinápticas de la CPF humana asociadas al estrés. Tanto en los estudios en ratas como en humanos se ha demostrado que el estrés provoca **hiperactividad de la amígdala** y **reducción de la actividad del hipocampo**, originando una hiperactividad del eje HHA. En la primera investigación, la hiperactividad del eje se debe al aumento de conexiones sinápticas en la amígdala y disminución en el hipocampo, y en el segundo, por la falta de control por parte de la CPF. Asimismo, en ambas investigaciones estos cambios presentan una reversibilidad, sugiriendo que los cambios producidos por el estrés agudo son plásticos y pueden cambiar la función neuronal



(Liston, C. et al., 2009; Vyas, A. et al., 2002). ¿Podría el *mindfulness* restablecer las transformaciones causadas por el estrés? En este caso, ¿tendría sentido su uso clínico?

En las investigaciones llevadas a cabo por Hölzel, B. K. et al. (2010, 2011), se ha demostrado que la reducción del estrés tras sesiones MBSR, se correlaciona con una reducción en la densidad de materia gris en la amígdala y un aumento de la densidad de la materia gris en el hipocampo. Además, estas regiones están relacionadas con el control emocional, uno de los componentes principales en las técnicas de atención plena como se explicó en el apartado 4. Esto sugiere que el cambio en la percepción subjetiva del entorno a través de una intervención de atención plena genera diferentes perspectivas emocionales ante el estrés, originando cambios morfológicos cerebrales (Hölzel. et al., 2010; 2011). Sin embargo, en otros estudios de la técnica MBSR, no se han demostrado cambios específicos de biomarcadores asociados al estrés con estas técnicas (Tang, Y. Y. et al., 2015).

SECCIÓN IV: MÁS ALLÁ DE LA NEUROCIENCIA.

6.5. EPIGENÉTICA DEL ESTRÉS Y LA MEDITACIÓN.

Las situaciones adversas en la vida temprana y adulta pueden dar lugar a respuestas adaptativas y/o patológicas según la **hipótesis del mismatch-cumulative stress** (Daskalakis, N. P., 2012).

Así, un gran número de enfermedades en la edad adulta, como isquemia cardiaca, enfermedades crónicas pulmonares, huesos frágiles, enfermedades del hígado están asociadas a individuos que padecieron algún tipo de estrés en la infancia (Felitti, V. J. et al., 1998). La exposición a estrés también puede dar lugar a adaptaciones, la **resiliencia**. Un estudio con primates no humanos, relacionó la exposición a estresores en edades tempranas con una mayor capacidad de ser resilientes, es decir, de adaptarse ante condiciones adversas. El grupo expuesto a estrés, presentaba adaptaciones emocionales y psicológicas como menos ansiedad, mayor curiosidad y exploración, y mayor control cognitivo, debido a un aumento en el volumen de la CPF y regulación neuroendocrina (menores niveles de ACTH) en condiciones de estrés (Lyons, D. M. et al., 2007).

En este punto, la cuestión se centra en cómo actúa el estrés, ¿influirá éste a nivel genético? y si es así, ¿podría ser transmitido a la descendencia? Las respuestas a estos interrogantes viene dada desde Lamarck, quien apoyaba la influencia del medio ambiente a un determinado fenotipo. En este caso la teoría Lamarckiana es sustituida por una visión más actual, la **epigenética** que investiga sobre cómo el medio ambiente, la conducta y el estilo de vida intervienen en la transmisión intergeneracional (Kaliman, P., 2017). La **epigenética**, es el estudio de los cambios heredables en elementos reguladores del desarrollo y expresión genética, que no implican alteraciones en la secuencia de nucleótidos. Estas variaciones modifican la estructura y el grado de condensación de la cromatina, afectando directamente a la expresión de la información génica y, por ende, al fenotipo. Las principales modificaciones en los nucleosomas son: la metilación del ADN y las modificaciones de histonas (Robles, R. G. et al., 2012).

En un estudio con ratas llevado a cabo por Weaver, I. C. et al. (2004), se descubrió que el gen del receptor de glucocorticoides (GR) del hipocampo, se expresaba en menor



cantidad en aquellas ratas sometidas a descuidos maternos en las primeras semanas de vida. En el análisis del material genético, se comprobaron diferencias en metilaciones en el ADN, desacetilaciones de histonas cercanas e influencia sobre la unión de un factor de transcripción NGFI-A al promotor (Weaver, I. C. et al., 2004). En humanos, el gen del receptor de glucocorticoides o NR3C1, en situaciones de alto estrés da lugar a una hipermetilación y menor expresión del NR3C1 en el hipocampo (Radtke, K. M. et al., 2015). Esta disminución del receptor que permite la inhibición del eje HHA, explica la hiperactividad de éste y la activación de esta respuesta al estrés.

El **epigenoma** no es estático, es **dinámico** y **reversible**, otros estudios demuestran esta reversión tanto con el uso de fármacos (Weaver, I. C. et al., 2004) como con el cambio de ambiente (Gapp, K., 2016). La cuestión es, ¿podría la meditación afectar directamente al ADN?

Estas mismas cuestiones se las replantearon el equipo de Conklin, Q. (2015), quienes diseñaron un investigación, donde se comparaba la longitud de los telómeros en un grupo de personas control con un grupo que siguió un programa de meditación (6 horas al día durante 3 semanas). El resultado tras el análisis de la secuencia del ADN fue un aumento de la longitud de los telómeros de las células inmunitarias en el grupo que practicó la meditación (Conklin, Q. et al., 2015). Esto sugiere, que el *mindfulness* sí es capaz de generar cambios a nivel genético y, además, en sólo unas semanas de entrenamiento.

7. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS.

Como se ha visto a lo largo del trabajo, la práctica de las técnicas *mindfulness* genera cambios neuroplásticos vinculados a distintas áreas cerebrales, relacionadas con los componentes principales de las técnicas de meditación (atención, regulación emocional y consciencia corporal) y la respuesta al estrés. Las regiones más influenciadas dentro de los elementos del *mindfulness* son la **CCA**, **CPF** (CPFdL y CPFvM), **putamen**, **amígdala** y **CCP**, permitiendo mayor o menor actividad de las diferentes regiones. Estas modificaciones permiten la mejora de los distintos componentes de la atención, mayor o menor grado de control cognitivo sobre las emociones y la disminución del



CAD (Tang, Y. Y. et al., 2015). Por otro lado, se ha comprobado que estas prácticas originan en algunas ocasiones una reducción del estrés. Esta disminución, se ha asociado con una reducción de la densidad de materia gris de la **amígdala** y un aumento de la densidad de materia gris en el **hipocampo** (Hölzel, B. K. et al., 2010; 2011). Tras estos hallazgos la pregunta a responder sería los mecanismos subyacentes a estos procesos.

Respecto al futuro, se requiere de una mayor precisión en las investigaciones, haciendo hincapié en estudios longitudinales con grupos más numerosos, caracterización de las prácticas *mindfulness* y la duración de éstas. La mejora de las próximas investigaciones, podría permitir la aplicación de tratamientos frente a trastornos clínicos como la ansiedad, permitiendo alternativas a los usados actualmente (Tang, Y. Y. et al., 2015). Además, los distintos resultados individuales podrían explicarse a través de la personalidad de las personas. La personalidad según el modelo de Cloninger, viene determinada por dos componentes: el **temperamento** (componente genético) y el **carácter** (componente aprendido) (Fontanals, A. G., 2013). Se han observado diferentes respuestas a la meditación, correlacionadas con diferencias en el componente genético de la personalidad. Estos resultados han sugerido la existencia de distintos polimorfismos (distintos alelos de un gen con una frecuencia mayor al 1% (Caratachea, M. A. C, 2007)) dentro del temperamento, que interactúan de distinta forma. El interés recae, en que un mayor conocimiento de estos polimorfismos podría permitir una mejor comprensión de los resultados de las distintas técnicas *mindfulness* a nivel personal (Tang, Y. Y. et al., 2015).



BIBLIOGRAFÍA

- Art, W. (2009). "The art of living: Vipassana Meditation as Taught by S.N. Goenka".
Editorial Embassy books.
- Campayo, J. G. y Navarro, M. (2018). "Mindfulness para todos", *Editorial Siglantana.*
- Caratachea, M. A. C (2007). "Polimorfismos genéticos: Importancia y aplicaciones",
Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias 20(3): 213-221.
- Conklin, Q., King, B., Zanesco, A., Pokorny, J., Hamidi, A., Lin, J., ... y Saron, C.
(2015). "Telomere lengthening after three weeks of an intensive insight
meditation retreat", *Psychoneuroendocrinology* (61): 26-27.
- Daskalakis, N. P., Oitzl, M. S., Schächinger, H., Champagne, D. L. y de Kloet, E. R.
(2012). "Testing the cumulative stress and mismatch hypotheses of
psychopathology in a rat model of early-life adversity", *Physiology & Behavior*
106(5): 707-721.
- Duval, F., González, F., y Rabia, H. (2010). "Neurobiología del estrés", *Revista Chilena
de Neuro-psiquiatría* 48(4): 307-318.
- Ekman, P. y Friesen, W. V. (1971). "Constants across cultures in the face and
emotion", *Journal of Personality and Social Psychology* 17(2): 124.
- Emavardhana, T. y Tori, C. D. (1997). "Changes in self-concept, ego defense
mechanisms, and religiosity following seven-day Vipassana meditation
retreats", *Journal for the Scientific Study of Religion* 194-206.
- Felitti, V. J., Anda, R. F., Nordenberg, D., Williamson, D. F., Spitz, A. M., Edwards, V.
y Marks, J. S. (1998). "Relationship of childhood abuse and household
dysfunction to many of the leading causes of death in adults: The Adverse
Childhood Experiences (ACE) Study", *American Journal of Preventive
Medicine* 14(4): 245-258.
- Fontanals, A. G. (2013). "Personalidad, según el modelo psicobiológico de Cloninger,
perfil psicopatológico en pacientes con fibromialgia, y su relación con el
malestar psicológico (Tesis Doctoral)", Universidad Autónoma de Barcelona
(España).
- Gapp, K., Bohacek, J., Grossmann, J., Brunner, A. M., Manuella, F., Nanni, P. y
Mansuy, I. M. (2016). "Potential of environmental enrichment to prevent
transgenerational effects of paternal trauma", *Neuropsychopharmacology*
41(11): 2749.

- Hill, R. W., Wyse, G. A. y Anderson, M. (2006). "Fisiología Animal", *Editorial Médica Panamericana*.
- Hölzel, B. K., Carmody, J., Evans, K. C., Hoge, E. A., Dusek, J. A., Morgan, L., ... y Lazar, S. W. (2010). "Stress reduction correlates with structural changes in the amygdala", *Social Cognitive and Affective Neuroscience* 5(1): 11-17.
- Hölzel, B. K., Lazar, S. W., Gard, T., Schuman-Olivier, Z., Vago, D. R. y Ott, U. (2011). "How does mindfulness meditation work? Proposing mechanisms of action from a conceptual and neural perspective", *Perspectives on Psychological Science* 6(6): 537-559.
- Jiménez, J. I. P. (2009). "Trastornos de ansiedad y estrés", *Salud Mental España*.
- Kaliman, P. (2017). "La ciencia de la meditación", *Editorial Kairós*.
- Liston, C., McEwen, B. S., y Casey, B. J. (2009). "Psychosocial stress reversibly disrupts prefrontal processing and attentional control", *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(3): 912-917.
- Lyons, D. M. y Parker, K. J. (2007). "Stress inoculation-induced indications of resilience in monkeys", *Journal of Traumatic Stress: official publication of the International Society for Traumatic Stress Studies* 20(4): 423-433.
- Ospina, M. (2007). "Meditation practices for health state of the research", *Editorial Diane* 155: 1-263.
- Pagnoni, G. y Cekic, M. (2007). "Age effects on gray matter volume and attentional performance in Zen meditation", *Neurobiology of Aging* 28(10): 1623-1627.
- Parcet, A. A. y Rivas, M. A. F (2016). "El miedo en el cerebro humano", *Mente y cerebro* 78: 50-51.
- Petersen, S. E. y Posner, M. I. (2012). "The attention system of the human brain: 20 years after", *Annual Review of Neuroscience* 35: 73-89.
- Posner, M. I. y Petersen, S. E. (1990). "The attention system of the human brain", *Annual Review of Neuroscience* 13(1): 25-42.
- Posner, M. I. y Rothbart, M. K. (2007). "Research on attention networks as a model for the integration of psychological science", *Annual Review of Psychology* 58: 1-23.
- Radtke, K. M., Schauer, M., Gunter, H. M., Ruf-Leuschner, M., Sill, J., Meyer, A. y Elbert, T. (2015). "Epigenetic modifications of the glucocorticoid receptor gene are associated with the vulnerability to psychopathology in childhood maltreatment", *Translational Psychiatry* 5(5): e571.



- Revillos, P. M (2018). "Estrés prenatal y posnatal (un ejemplo que relaciona la nutrición, las hormonas y la epigenética)" [en línea]. 8 de abril de 2018. En web: <http://cmclluis.blog.spot.com>
- Ripoll, D. R. (2014). "Neurociencia cognitiva", *Editorial Panamericana*.
- Robles, R. G., Ramírez, P. A. A. y Velásquez, S. P. P. (2012). "Epigenética: definición, bases moleculares e implicaciones en la salud y en la evolución humana", *Revista Ciencias de la Salud 10(1)*: 59-71.
- Slagter, H. A., Lutz, A., Greischar, L. L., Francis, A. D., Nieuwenhuis, S., Davis, J. M. y Davidson, R. J. (2007). "Mental training affects distribution of limited brain resources", *PLoS Biology 5(6)*: e138.
- Solís, A. A. (2016) "Alteraciones en la conectividad funcional de la "Default Mode Network" en pacientes con psicosis: estudio de neuroimagen en reposo (Tesis doctoral)", Universidad Autónoma de Barcelona (España).
- Stavroula, L., Griffiths, A. y Cox, T. (2004). "La organización del trabajo y el estrés", *Serie protección de la salud de los trabajadores 1(3)*: 58-97.
- Tang, Y. Y. (2011). "Mechanism of integrative body-mind training", *Neuroscience Bulletin 27(6)*: 383-388.
- Tang, Y. Y., Hölzel, B. K. y Posner, M. I. (2015). "The neuroscience of mindfulness meditation", *Nature Reviews Neuroscience 16(4)*: 213.
- Tang, Y. Y., Lu, Q., Fan, M., Yang, Y. y Posner, M. I. (2012a). "Mechanisms of white matter changes induced by meditation", *Proceedings of the National Academy of Sciences 109(26)*: 10570-10574.
- Tang, Y. Y., Rothbart, M. K. y Posner, M. I. (2012b). "Neural correlates of establishing, maintaining, and switching brain states", *Trends in Cognitive Sciences 16(6)*: 330-337.
- Vyas, A., Mitra, R., Rao, B. S., y Chattarji, S. (2002). "Chronic stress induces contrasting patterns of dendritic remodeling in hippocampal and amygdaloid neurons", *Journal of Neuroscience 22(15)*: 6810-6818.
- Weaver, I. C., Cervoni, N., Champagne, F. A., D'Alessio, A. C., Sharma, S., Seckl, J. R.,... y Meaney, M. J. (2004). "Epigenetic programming by maternal behavior", *Nature Neuroscience 7(8)*: 847.