

Artículos

Dinámica Cerebral de Varones con Estrés tras una Intervención en Línea de Atención Plena Compasiva

Brain Dynamics of Men with Stress After an Online Compassionate Mindfulness Intervention

Mariana Martínez Pelayo, Elvia Ramírez Carrillo, Isaac González-Santoyo y Ana Beatriz Moreno Coutiño

Universidad Nacional Autónoma de México

Resumen

El tratamiento de atención plena compasiva para la salud desarrollado en México se ha utilizado en poblaciones clínicas con resultados favorables y ha sido adaptado a una versión en línea. Los efectos en la dinámica funcional del cerebro se analizaron en un estudio piloto con cinco participantes a partir del registro de electroencefalografía. Con estos datos se construyeron redes neurales funcionales y se analizó la conectividad del cerebro en estado de reposo en términos de medidas de complejidad. Se observó un incremento en la conectividad y complejidad en las redes de ondas lentas (delta y theta), así como un incremento en la especialización en el procesamiento de la información en las ondas rápidas (alfa, beta y gama). Los datos sugieren un incremento en la capacidad de atención y de relajación de los participantes. Este estudio se considera innovador al utilizar técnicas de análisis de datos electrofisiológicos que otorgan más información sobre la dinámica funcional neural después de este tipo de intervenciones.

Palabras clave: EEGc, atención plena compasiva, análisis de redes, adultos, estrés

Autores

Mariana Martínez Pelayo. Laboratorio de Atención Plena Compasiva, Facultad de Psicología, UNAM.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4997-1070>

Elvia Ramírez Castillo. Laboratorio de NeuroEcología, Facultad de Psicología, UNAM.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8447-0971>

Isaac González-Santoyo. Laboratorio de NeuroEcología, Facultad de Psicología, UNAM.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1484-9836>

Ana Beatriz Moreno Coutiño. Laboratorio de Atención Plena Compasiva, Facultad de Psicología, UNAM.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1601-9318>

Autor para correspondencia: Ana Beatriz Moreno Coutiño. email: moca99_99@yahoo.com

Abstract

The Compassionate Mindfulness Treatment for Health developed in Mexico has been used in clinical populations with favorable outcomes and it was adapted to an online version. The effects on the functional dynamics of the brain were analyzed from the electroencephalography recording in a pilot study with five participants. With this data, functional neural networks were constructed, and the connectivity of the resting brain was analyzed in terms of measures of complexity. An increase in connectivity and complexity was observed in slow wave networks (delta and theta), as well as an increase in specialization in the processing of information in fast waves (alpha, beta, and gamma). This suggests an increase in the attention and relaxation span in participants. This study is considered an innovative approach to the implementation of these techniques in the analysis of electrophysiological data that provide more information about the effects on the neuronal functional dynamics of this type of intervention.

Key words: EEGc, compassionate mindfulness, network analysis, adults, stress

DOI <https://doi.org/10.36793/psicumex.v14i1.654>

Recibido 25 – Abril – 2023

Aceptado 02 – Febrero – 2024

Publicado 08 – Noviembre – 2024



Introducción

Intervención basada en atención plena compasiva en línea

De acuerdo con datos del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS, 2021), en nuestro país se ha incrementado la prevalencia de los trastornos psicológicos en adultos, como el estrés. Por lo tanto, en los varones es común observar el desarrollo de conductas poco saludables para aliviar los síntomas del estrés que padecen (Calvete y Estévez, 2009; Martínez-Lanz et al., 2005; Yang et al., 2019). La población masculina es poco atendida en sus trastornos psicológicos, siendo que el 75 % de los adultos varones entre los 35 y 44 años son el segundo grupo que presenta mayor estrés (IMSS, 2020), el cual se ha relacionado con los roles y conductas sociales atribuidas a ellos (Berenzon et al., 2013). Además, se ha reportado que menos del 20 % de este grupo poblacional busca ayuda y solo al 50 % de ellos se les atiende (Berenzon et al., 2013).

De acuerdo con la literatura científica reciente, las terapias psicológicas contextuales o terapias cognitivo-conductuales de tercera generación, de manera particular las basadas en atención plena y compasión, han probado ser eficaces en el tratamiento de diversos trastornos emocionales a través de la regulación emocional (Böckler et al., 2018; Förster y Kanske, 2021; Goldin y Jazaieri, 2020; Kirby, 2016; Leaviss y Uttley, 2015; McCall et al., 2014; Moreno, 2019). Debido a lo anterior, el objetivo de este estudio fue atender al sector de la población antes mencionado, examinando una intervención en línea dirigida a reducir el malestar psicológico y el subsecuente desarrollo de conductas desadaptativas asociadas.

Particularmente, la intervención basada en atención plena compasiva para la salud (Moreno, en prensa) ha probado ser efectiva en diversas poblaciones clínicas asociadas con alteraciones en la regulación emocional (Barrera Gutiérrez et al., 2021; López-Tello, 2021; Rodríguez Durán y Moreno-Coutiño, 2021; Sánchez-Paquini y Moreno-Coutiño, 2017; Santiago Maldonado et al., 2017). Con la intención de brindar atención a pacientes que por diversas razones no pudieran asistir a tratamiento presencial (tales como



problemas económicos, de salud, de movilidad, horario, entre otros), esta intervención se adaptó a una versión en línea diseñada para que cada participante la pueda cursar a su propio ritmo y en el horario que mejor le convenga.

El material en línea expone los temas a trabajar de forma ordenada, clara y accesible. La información va acompañada de actividades de análisis y reflexión, así como de audios con ejercicios de meditación que los participantes deberán realizar diariamente. Las sesiones se complementan mediante reuniones semanales virtuales y sincrónicas, individuales o grupales, de una hora con un terapeuta.

Esta intervención está basada en tres componentes principales de la filosofía budista: la atención plena, término de origen pali que significa atención y conciencia, y que se refiere a atender la situación que se está experimentando en el momento presente sin divagar en el futuro o el pasado y sin juzgar la experiencia (Brown y Ryan, 2003; Kabat-Zinn, 2003; Siegel, 2010). Esto se logra a través del entrenamiento mental mediante la meditación, que se refiere a habituarse a observar el flujo de los eventos mentales (emociones, sensaciones y pensamientos) sin intentar cambiarlos y cultivando el hábito de no juzgar, fortaleciendo la atención sostenida y la habilidad de cambiar voluntariamente el foco de atención (Koener y Linehan, 1992).

El segundo componente es la compasión, el cual implica reconocer el sufrimiento o malestar en uno mismo y los demás con la motivación de aliviarlo y prevenirlo, otorgando la motivación correcta a la práctica de atención plena (Germer y Siegel, 2012). El tercer componente obedece al entendimiento de características de la realidad, como la interdependencia y la impermanencia, generando así aceptación, liberándose del apego y la aversión para ejercitar la flexibilidad psicológica y actuar de manera menos rígida, logrando identificar a los eventos mentales como cambiantes y pasajeros (Ngô, 2013; Shapiro *et al.*, 2006). El terapeuta a cargo de la intervención en línea debe tener una práctica de meditación continua y consolidada, así como una formación previa en esta intervención para garantizar sus habilidades y conocimientos en el tema (Díaz Ayala, 2019).



Electroencefalografía cuantitativa

El registro eléctrico cerebral, mediante técnicas de electroencefalografía cuantitativa (EEGc), permite evaluar la suma de la actividad eléctrica postsináptica en la corteza cerebral (Buzsáki et al., 2012). Esta técnica no invasiva ofrece información cuantificable sobre el funcionamiento dinámico de la corteza cerebral (Sharma et al., 2019), ya que por su alta resolución temporal nos permite estudiar la actividad de las diferentes poblaciones neuronales para reconocer patrones oscilatorios del neocortex en un tiempo determinado, e identificar las redes de comunicación e interacciones entre las diferentes áreas que lo conforman (Joudaki et al., 2012; Xiaowei et al., 2017).

Esta técnica se ha utilizado previamente para el análisis de los efectos de la meditación en atención plena y en compasión con resultados diversos. En el caso de la práctica de la atención plena, se ha reportado incremento en la potencia de la banda alfa en el hemisferio izquierdo frontal (Brown y Ryan, 2003), incremento en la potencia de theta y decremento en el resto de las potencias tanto en reposo como al meditar (Aguerre et al., 2023; Cahn y Polich, 2013; Izhar et al., 2022). Durante la práctica de compasión se ha encontrado una disminución de las potencias alfa, beta y gamma durante la meditación en compasión en relación con el estado en reposo (Schoenberg et al., 2018), lo cual se contrapone a reportes previos de incremento en la potencia de la banda gamma (Lutz et al., 2004); mientras que, en un análisis previo, se reportó mayor potencia en alfa y theta en la región frontal central y en lóbulos temporales (Davidson et al., 2000).

Análisis de redes

Los métodos de análisis de redes permiten analizar la actividad eléctrica de forma integral, es decir, evaluando al mismo tiempo la interconectividad de todo el sistema para determinar su complejidad de comunicación y describir las particularidades funcionales del cerebro, y no solo elementos aislados (Agosta



et al., 2013; Bullmore y Sporns, 2009; Chiang et al., 2016; Drakesmith et al., 2015; Filippi et al., 2017; Li et al., 2017).

Los datos de electroencefalografía (EEG) se han utilizado para visualizar la conectividad funcional en el cerebro humano como una red (Rathee et al., 2017), utilizando medidas de correlación como el peso de las aristas. Sin embargo, el análisis de la información neurofisiológica, aprovechando las técnicas y medidas derivadas de la teoría de redes, otorga más información para evaluar la arquitectura neurofuncional y la distribución de la información a lo largo del cerebro visto como un sistema anatómico y funcional complejo que integra diferentes estructuras (Chaddad et al., 2023; Kuchyi et al., 2020; Van Den Heuvel y Pol, 2010; Yin et al., 2023). Estas métricas se han utilizado para analizar la información generada por EEG y por neuroimagenología para distinguir las características del funcionamiento neural en diferentes trastornos (Blomsma et al., 2022; Yin et al., 2023) o para describir las posibles redes formadas durante el desempeño de tareas cognitivas (Nuamah y Uba, 2023); hasta el momento, estos índices son poco utilizados en nuestro país en estos contextos.

A pesar de que los datos de electroencefalografía (EEG) se pueden utilizar para visualizar la conectividad funcional en el cerebro humano como una red (Rathee et al., 2017), hasta recientemente solía ser habitual construir este tipo de redes utilizando medidas de correlación, como el peso de las aristas. En general, tanto la teoría como la práctica muestran que la información mutua (MI) es un método estadístico superior a las correlaciones para datos neurológicos (Zhang et al., 2018), y se sabe que las métricas basadas en entropía, como MI, pueden lidiar mejor con no linealidades en los datos gracias a sus propiedades aditivas y ergódicas (Taleb, 2020).

Entre el amplio número de métricas con las que se puede evaluar la estructura y complejidad de redes a partir de datos de información mutua (MI), se encuentra el grado promedio ponderado (*average weighted degree*, AWD), el cual permite identificar los nodos centrales (i. e., *degree*) de esta comunicación cerebral,



determinando así el número de conexiones o aristas que se comparten o el número de aristas que llegan o salen de él. Permite evaluar la heterogeneidad del flujo de información en términos de actividad eléctrica cerebral en todo el sistema, y la importancia de cada nodo para las distintas frecuencias oscilatorias cerebrales (Ruginov y Spoons, 2010). Esta métrica se ha comenzado a utilizar en valores provenientes de registros de EEGc para determinar, por ejemplo, el reconocimiento de emociones ante estímulos visuales faciales (Kong et al., 2021). Su incremento significa que, en promedio, un nodo tiene más intercambio informacional, lo cual se interpreta como una mayor actividad cerebral distribuida en los nodos que conforman la red.

Otra medida de complejidad es la modularidad (*modularity*, M), que otorga un estimado de la fuerza o tendencia que tiene una red para dividirse en módulos (i.e., grupos, clústeres o comunidades), de tal forma que otorga información sobre la densidad de las conexiones entre los nodos que forman los módulos de la red estudiada. Su determinación se ha utilizado para identificar módulos funcionales en el cerebro a partir del EEGc (Joudaki et al., 2012), ya que el cerebro humano es un sistema dinámico modular en sí mismo que simultáneamente restringe o facilita la actividad cerebral en módulos, dependiendo del tipo e intensidad de un estímulo (Kabbara et al., 2019). Un aumento en esta medida implica una mayor conectividad dentro del módulo que hacia fuera del mismo; lo cual se interpreta como una compartimentalización de la información debido a actividades más especializadas (Ramírez-Carrillo et al., 2023).

Un tercer método en el análisis de la complejidad de la dinámica cerebral es el árbol de expansión mínimo (*minimum spanning tree*, MST), el cual arroja información sobre la estructura de soporte del flujo de información cerebral (Saba et al., 2019) y de las relaciones entre los canales de la red global para datos electroencefalográficos (Lee et al., 2010). Es una resolución matemática de optimización para lograr conectar a todos los nodos de una red con la mínima distancia posible entre ellos. El algoritmo de esta métrica recluta la cantidad de información que viaja a través de todos los nodos del sistema, ponderando además el



peso o importancia que tiene cada nodo para que el flujo de información se dirija a todo el sistema. Estudios recientes (Rubinov y Sporns, 2010; Ramírez-Carrillo *et al.*, 2020a y 2020b; Ramírez-Carrillo *et al.*, 2023) sugieren que esta métrica de la teoría de redes permite evaluar la conectividad estructural (anatómica) y la funcional (relación estadística entre dos nodos) cuando la red cerebral se considera una red de transporte de información con áreas cerebrales, como nodos y sus conexiones como aristas (Rubinov y Sporns, 2010; Zhang *et al.*, 2016), por lo que puede interpretarse como una medida de conexión cerebral estructural y funcional (Ramírez-Carrillo *et al.*, 2023; Tewarie *et al.*, 2014). Un incremento de MST significa que la red tiene mayor estructura informacional que puede interpretarse como un mayor nivel de complejidad en la actividad del cerebro (Lee *et al.*, 2010).

En este estudio se evaluó la complejidad, modularidad y estructura informacional de la corteza cerebral de varones adultos mexicanos con nivel de estrés moderado a alto, antes y después de cursar el tratamiento de atención plena compasiva (TAPC) en línea. El estudio de la dinámica funcional neural en estado de reposo puede apoyar en el sustento funcional de las conductas y sensaciones reportadas por los participantes. Habitualmente, el análisis del estado neural de los participantes de este tipo de tratamientos suele evaluarse durante una práctica meditativa distando mucho de los estados cotidianos.

El presente es un estudio preliminar, y el primero en su tipo que se realiza en México, para evaluar la dinámica funcional neural de participantes novatos en la meditación sobre los efectos neurofisiológicos de una intervención en línea basada en atención plena y compasión. Dado que en este estudio se involucró a pocos participantes, los resultados aquí presentados deben ser vistos como una exploración en el uso de técnicas novedosas de las que se puede obtener información sobre los cambios en la complejidad de comunicación de los elementos que conforman la red de actividad eléctrica de la corteza cerebral en el aprendizaje de la atención plena compasiva.



Metodología

Participantes

Se seleccionó una muestra por conveniencia, tipo bola de nieve y de manera directa que incluyó 5 participantes varones. Los criterios de inclusión, exclusión y eliminación se describen en la Tabla 1. La edad de los participantes se encontró entre los 22 y 45 años, todos solteros, estudiantes o trabajadores autoempleados.

Tabla 1

Criterios de inclusión, exclusión y eliminación

Inclusión	Exclusión	Eliminación
Adultos menores de 50 años	Presentar consumo excesivo o problemático de alcohol de acuerdo con la prueba AUDIT	Deseo de abandono del estudio una vez iniciado
Nivel moderado de estrés, ansiedad y depresión en la escala DASS-21, y nivel moderado de estrés en la escala PSS-14	Reporte de consumo de sustancias psicoactivas en el último mes	Llenado incompleto de los instrumentos de evaluación
Aceptación para participar en el estudio que involucró dos registros en la Facultad de Psicología, UNAM		Daño en los registros electroencefalográficos
Firma de consentimiento informado		

Instrumentos psicométricos

Las escalas y cuestionarios utilizados en el estudio mediante los cuales se determinó la inclusión de los participantes en la muestra se encuentran descritos en la Tabla 2.



Tabla 2*Instrumentos psicométricos utilizados para la inclusión de los participantes*

Nombre	Abreviatura	Confiabilidad	Número de reactivos
Escala de estrés percibido (González-Ramírez y Landero-Hernández, 2007)	PSS-14	Consistencia interna $\alpha = 0.83$	14
Escala de depresión, ansiedad y estrés (Lovibond y Lovibond, 1995)	DASS-21	Consistencia interna de $\alpha = 0.96$	21
Test de identificación de los trastornos debido al consumo de alcohol (Babor et al., 2001)	AUDIT	Consistencia interna de $\alpha = 0.87$	10

Nota: instrumentos psicométricos utilizados para la inclusión de los participantes en el estudio. Estos instrumentos psicométricos están validados y confiabilizados para utilizarse en población mexicana

Aparatos para el registro electroencefalográfico

La obtención de la señal eléctrica cerebral se realizó con un amplificador Grael EEG de 34 canales, modelo Grael 4K-EEG, marca Compumedics, con una resolución digital a 24 bits y respuesta de frecuencia DC a 2048. Se utilizó una gorra universal con electrodos marca Electrocap, tamaño mediano (54-58 cm) o grande (58-62 cm) de acuerdo con la medida de la circunferencia cefálica del participante, con la configuración del Sistema Internacional 10-20 para la colocación de los electrodos. Además, se utilizaron electrodos marca Electrocap de arete para ambos lóbulos de las orejas, dos electrodos de disco en los rebordes orbitales exteriores y uno más en el nasion, todos de plata clorurada. La captura de las señales se realizó con el programa Curry 8 en una computadora portátil marca Lenovo, modelo V130.

Procedimiento

Participantes

El estudio inició con 12 participantes, de estos, 5 se dieron de baja a lo largo de la intervención por causas diversas, como inicio de estudios, incremento en la carga laboral o una situación emocional desfavorable; además, dos personas más tuvieron que eliminarse del estudio, uno debido a que no entregó la evaluación psicométrica y otro debido a que sus archivos electrónicos del registro electroencefalográfico se dañaron.



Diseño experimental

La selección de los participantes se llevó a cabo mediante las escalas PSS-14, DASS-21 y AUDIT vía electrónica por medio de un documento en formato PDF. Las evaluaciones de estas escalas estuvieron a cargo de un psicólogo ciego a la metodología del estudio. Una vez elegidos los participantes, se les pidió acudir al Laboratorio de Atención Plena Compasiva (LAPC) en la Facultad de Psicología, UNAM, para la primera sesión de registro, la cual tuvo lugar una semana previa al inicio de la intervención con duración de 10 semanas. Una semana después de haber concluido la intervención se les pidió a los pacientes volver al laboratorio para repetir la sesión de registro.

Registro electroencefalográfico

Las sesiones de registro consistieron primero en una preparación del cuero cabelludo mediante limpieza de las regiones para la colocación de la gorra con electrodos. Posteriormente se colocaron electrodos en los lóbulos de las orejas como referencia de las señales eléctricas, en los rebordes orbitales exteriores, superior en el ojo derecho e inferior en el ojo izquierdo, y uno más en el nasion. Una vez colocados los electrodos, se inició el registro de la actividad eléctrica cortical mediante la técnica de EEG en vigilia. El registro fue continuo con un montaje monopolar en microvolts al cuadrado; cada derivación fue referida a la oreja ipsilateral, a una frecuencia de muestreo de 512 Hz, con filtros entre 0.5 y 60 Hz e impedancias menores a 10 Ω .

El registro se realizó durante un periodo de vigilia con los ojos abiertos durante 3 minutos. Para ello se indicó a los participantes permanecer quietos, evitar parpadear y observar el círculo negro en el fondo blanco que se mostró en la pantalla de una laptop situada frente a ellos.



Obtención y cuantificación de las señales eléctricas cerebrales

El preprocesamiento y análisis de las señales se realizaron fuera de línea en los archivos digitales utilizando el programa Curry 8. Se estableció como parámetro de análisis segmentos de 1 s como épocas. Se excluyeron aquellas que presentaron momentos del registro que no corresponden con la condición, por ejemplo, movimientos o parpadeos. Para la selección de las épocas se aplicaron los filtros: corrección de línea constante, filtro pasa bandas de 1 a 40 Hz, filtro *notch* de 60 Hz para atenuar el ruido, método de reducción de artefactos *threshold* que se definió de 20 a -20 mV y que tuvo como referencia el electrodo colocado en la órbita inferior del ojo izquierdo. Además, se realizó un análisis de componentes independientes (ICA).

A continuación, se cribaron las épocas válidas mientras los participantes estaban con los ojos abiertos y se obtuvieron un promedio de 111 épocas para cada condición y sujeto. A estas, se les realizó la transformada rápida de Fourier y se estableció la potencia absoluta para cada electrodo y para cada valor de las frecuencias. Estos valores se promediaron en el rango de ancho de cada una de las bandas anchas clásicas: delta (1-3 Hz), theta (4-7 Hz), alfa (8-12 Hz), beta (13-29 Hz) y gamma (30-40 Hz). Los datos se obtuvieron de cada uno de los 19 electrodos colocados. Sin embargo, el registro de actividad eléctrica del electrodo C3 de uno de los participantes no se logró obtener, por lo que se optó por eliminar este electrodo en el registro del resto de los sujetos.

Análisis de complejidad y redes cerebrales

Para evaluar la complejidad, conectividad y estructura funcional de las redes cerebrales antes y después del tratamiento, se obtuvieron los valores del AWD, la M y el MST (Tewarie *et al.*, 2014). Con los valores obtenidos de potencia absoluta para cada electrodo y cada banda tradicional, se utilizó el paquete *mpmi* de R (Pardy, 2022) para construir una matriz de MI y determinar el grado de correlación entre todos los electrodos registrados. Posteriormente, utilizando Gephi (Bastian *et al.*, 2009), se calcularon para cada



condición estos tres indicadores de conectividad, complejidad y estructura funcional cerebral (AWD, M y MST).

Tratamiento

El objetivo de las 10 sesiones semanales del tratamiento de atención plena en línea se centra en la adquisición de habilidades, conceptos y la puesta en práctica de la atención plena y la compasión. Para dar inicio al tratamiento, se requirió que cada uno de los participantes se registraran en un sitio web con un nombre de usuario y una contraseña personal que les permitió acceder al material en línea. La revisión del material y realización de los ejercicios tomó un máximo de 90 min por semana. El trabajo individual de los participantes incluyó responder a las actividades incluidas en las sesiones, realizar una práctica diaria de meditación y contestar un diario de su práctica meditativa. Además, los participantes tuvieron acceso a reuniones grupales sincrónicas virtuales cada semana, con duración de 90 min y con un terapeuta ciego a la metodología del estudio, en la que se discutieron los temas principales, se resolvieron dudas con la guía del terapeuta, se realizaron las prácticas de meditación y se revisaron las evaluaciones. La descripción completa del tratamiento se podrá consultar en Moreno y Martínez (en prensa).

Consideraciones éticas

El presente estudio se realizó bajo los lineamientos éticos establecidos por la Asociación Americana de Psicología, el Código ético del psicólogo (2010) de la Sociedad Mexicana de Psicología, la NOM-012-SSA3-2012 que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos, el Reglamento de Seguridad y Coordinación en Materia de Investigación para la Salud en la UNAM y siguiendo los estándares establecidos por la Declaración de Helsinki. Todos los participantes firmaron el documento de consentimiento informado y se les indicó que todos los datos colectados serían utilizados exclusivamente para los propósitos del estudio.



Resultados

Los participantes mostraron una media de estrés moderado en la escala PSS-14 y una media de estrés bajo en la subescala del DASS-21. Mientras que en el cuestionario AUDIT dos sujetos reportaron beber en forma responsable; los tres restantes de forma riesgosa.

En la Figura 1 se observan las redes funcionales generadas a partir de la información mutua (MI) obtenida de los datos del EEG. En los esquemas del cerebro se aprecian los nodos de medición del EEG y las redes correspondientes para cada una de las bandas en que se dividieron los datos (delta, theta, alfa, beta y gamma) en dos momentos, antes y después del TAPC en línea.

Dado que una red neural de este tipo representa las conexiones funcionales entre los electrodos (Ruvinov y Sporns, 2010), a partir de la Figura 1 podemos decir que, para este grupo de participantes, el TAPC en línea incrementó la interacción funcional en la banda delta, en particular en los nodos ubicados en el hemisferio izquierdo, mientras que en la banda alfa incrementó la conectividad en las áreas frontales, revelando un incremento en la conectividad entre los dos hemisferios. En el caso de la banda theta, la actividad de las redes disminuyó y continuó presentándose principalmente en las áreas occipitales, un resultado similar a lo observado en la banda beta. Finalmente, en la banda gamma se registró una relación funcional fuerte entre las áreas centrales de ambos hemisferios y un decremento en la funcionalidad de todas las áreas neurales registradas después del tratamiento.

Con base en los tres análisis de redes realizados (MST, AWD y M) para cada banda en ambos momentos experimentales, se generaron las gráficas que también se encuentran en la Figura 1. Estas gráficas muestran el grado de cada una de las medidas, de 0 a 1, que representan unidades de información; entre más cercano al 1 se encuentra la medida, muestra más información.

En el caso de MST, un valor cercano a 1 indica que la red incluye los nodos y conexiones más importantes o influyentes, mientras que un valor cercano a 0 habla de una red con conexiones poco relevantes



o débiles. Dado que en este análisis se obtuvo el MST a partir de valores de información mutua (MI), todo valor cercano a 1 en este parámetro implica que la red general del cerebro, vista como una columna vertebral informacional, tiene una mayor capacidad de procesar y transmitir información.

Para el índice grado promedio ponderado (AWD) el valor que se acerca a 1 implica que, en promedio, los nodos tienen conexiones relativamente fuertes; mientras que, al acercarse a 0, las conexiones son muy débiles o insignificantes para la red. Al ser un índice calculado a partir de MI, el valor cercano a 1 implica que la mayoría de cada uno de los nodos transmite más información al resto, es decir, que la red es más eficiente para intercambiar información.

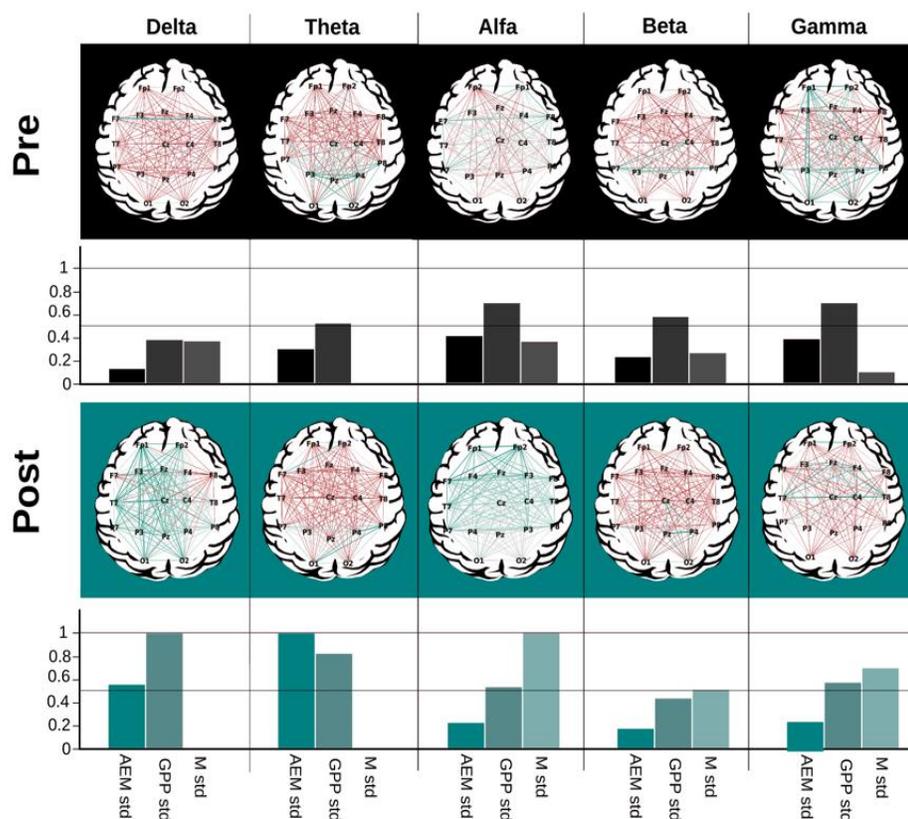
Finalmente, el valor de la modularidad (M) cercano a 1 indica una organización modular bien definida y sólida dentro de la red general; y cercano a 0 nos habla de que la red carece de esta organización modular definida. Dado que los datos de este estudio se calcularon a partir de valores de MI, el valor que se acerca a 1 implica que la red modular tiene una estructura eficiente, por lo que se infiere que la eficiencia en el procesamiento de la información es alta.

A partir de los cambios en la conectividad y complejidad neural en cada una de las bandas de frecuencia, se observa que la terapia de atención plena compasiva modificó las métricas de redes evaluadas (ver Figura 2). En este estudio se presentó un incremento importante; en este índice las bandas lentas (61 % delta, 100 % theta); mientras que en las bandas rápidas se presentó una disminución de 28 % para alfa, 9 % para beta y 18 % para gamma, lo cual muestra una modificación en la conectividad neural después del TAPC en línea.



Figura 1

Redes de información mutua y gráficas de organización de la información neural antes (pre) y después (post) del tratamiento de atención plena compasiva (TAPC) en línea



Nota: Las redes mostradas en cada subfigura para cada una de las cinco bandas en que se dividió el EEG incluyen los diferentes nodos de medición del EEG y la red de información mutua (MI). El color codifica al valor de MI (rosa <- verde). Se presentan las gráficas del nivel de organización de la información cerebral, árbol de expansión mínima (MST), grado promedio ponderado (AWD) y modularidad (M) para cada una de las bandas del EEG en las mediciones antes (pre) y después (post) del tratamiento. Las medidas van de 0 a 1, siendo 0 el menor nivel y 1 el máximo. A estos datos no se agregan unidades dado que son medidas adimensionales que indican cantidad de información obtenida a partir de su cálculo.

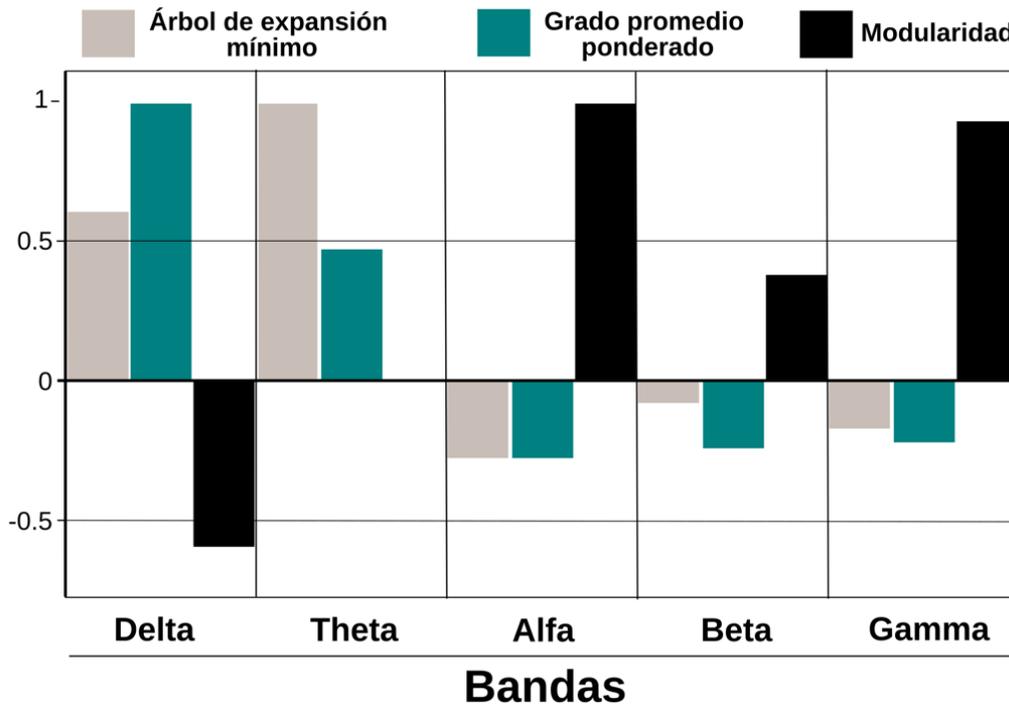
Los datos obtenidos del índice AWD nos indican el grado de intercambio de información: la modificación en la actividad de la red. Al igual que con lo observado con MST se obtuvo un incremento de 100 % y 47 % para las bandas delta y theta, respectivamente; así como un decremento en el caso de las bandas alfa (29 %), beta (25 %) y gama (22 %) (ver Figura 2). Por último, en el análisis de modularidad se obtuvo un incremento de casi el 100 % en las bandas alfa y gama, y de 40 % para la beta, lo que habla de un



manejo de la información organizada en nodos o sectores independientes, en lugar de involucrar a la red completa. Este resultado no se observó para las bandas delta y theta.

Figura 2

Diferencia de los datos, antes y después del tratamiento, de cada uno de los índices calculados



Nota. Resultados de la diferencia en los datos de EEG en cada uno de los índices calculados: árbol de expansión mínima (MST), grado promedio ponderado (AWD) y modularidad (M). Si la barra está hacia abajo, la métrica de la red bajo esa combinación (tratamiento, banda) disminuyó tanto como el tamaño de la barra. De la misma manera, si la barra está hacia arriba, quiere decir que la métrica de la red aumentó tanto como el tamaño de la barra. Los datos están dados en proporción del cambio, por lo que entre más cercanos a 1 estén, mayor es el cambio; un cambio de 1 indicaría un incremento en 100 % en unidades de información para dicho índice, mientras que un cambio de -1 indica un decremento del 100 %.



Discusión

El principal hallazgo de este estudio, que evaluó la modalidad en línea del tratamiento de atención plena compasiva (TAPC), fue el cambio registrado en la conectividad y en la organización de la actividad eléctrica neural de los participantes. Para analizar estos cambios se utilizaron tres índices del análisis de redes: el MST y AWD, que presentaron un incremento en las bandas lentas (delta y theta), y M que presentó un incremento en las bandas rápidas (alfa, beta y gamma).

El incremento en MST refleja un mayor flujo de información y de conectividad estructural y funcional, mientras que en AWD se refleja la existencia de mayor número de nodos que se conectan a la red. Ambos datos reflejan un procesamiento de la información en la red neural mínima posible que involucra el mayor número de nodos posibles. Por su lado, el índice de modularidad nos indica que los nodos trabajan en conjunto sin involucrar a la red neural completa en el procesamiento de la información.

En los 5 participantes de este estudio se incrementó la interconexión funcional en las bandas lentas (delta y theta) y disminuyó la información concentrada en módulos de información. Asimismo, se observó un incremento de la interconectividad interhemisférica funcional en la banda delta. En conjunto, este tipo de resultados se han relacionado con estados mentales sanos (Yin *et al.*, 2023), dado que se presenta una estructura más eficiente para compartir información. En otras palabras, el cerebro completo compartió el procesamiento de la información de las bandas lentas, lo que podría relacionarse con un estado de calma y menos disperso, en el que no se le exige un procesamiento cognitivo elevado (Kora *et al.*, 2021; Chaddad *et al.*, 2023). De acuerdo con Kora *et al.* (2021), la presencia de la banda delta en adultos indica el funcionamiento mínimo del cerebro cuando se está consciente de uno mismo, mientras que suele describirse una relación inversa entre la banda theta y la sintomatología ansiosa. Por lo tanto, a partir de los resultados de este trabajo, se observó un estado mínimo de trabajo neural colectivo para estar más conscientes de sí



mismos después del TAPC en línea mientras se encontraron en reposo con los ojos abiertos y prestando atención a un punto al frente sin realizar ninguna tarea.

En el caso de las bandas rápidas (alfa, beta y gamma), los resultados obtenidos apuntan tanto a un incremento en el procesamiento dentro de los módulos cerebrales como a un decremento en el intercambio de información a lo largo de la red neural. La menor distribución de la energía en la banda alfa a lo largo del cerebro, el incremento en los módulos de procesamiento (M) y el decremento en los índices globales están relacionados con estados de poca carga mental (Kaposzta et al., 2021). En esta misma banda, la concentración de la comunicación entre los electrodos colocados sobre el área neuronal frontal (ver Figura 1) puede estar relacionada con el estado de calma descrito con el incremento en la potencia de la banda alfa (Kora et al., 2021) o cuando las personas están en reposo y atentas (Van Lutterveld et al., 2017). Del mismo modo, el registro electroencefalográfico obtenido en este estudio podría indicar la disminución del estrés en los participantes y mayor capacidad para mantenerse relajados y atentos, mientras permanecen con los ojos abiertos y sin ninguna tarea cognitiva, dado que la banda alfa, sobre todo en áreas frontales, se ha relacionado con estados más relajados o momentos de meditación (An et al., 2022).

Lo observado en la banda beta, decremento en la conectividad funcional global (MST y AWD) y un incremento en la M, indica, en el mismo sentido que la banda alfa, un estado de poca carga mental (Kaposzta et al., 2021). En la banda gamma se ha descrito un incremento cuando los sujetos prestan atención de forma voluntaria (Souza y Naves, 2021), lo cual, en este estudio, podría explicar el incremento en la modularidad observada en esta banda; indicando que, después de cursar el TAPC en línea, los sujetos serían más hábiles en la tarea de prestar atención al punto negro frente a ellos de manera voluntaria.

Algunos investigadores han encontrado un incremento en la atención de quienes cursan un tratamiento basado en atención plena (Klee et al., 2020), disminución en la distracción o divagación mentales y regulación de la atención (Feruglio et al., 2021). De acuerdo con Wong Kian et al. (2018), el incremento



en la atención en quienes participan en este tipo de intervenciones se ha asociado con cambios en la banda alfa en todos los puntos registrados. De manera análoga, en esta investigación se registró en las bandas alfa y gamma un incremento en la modularidad y un decremento en la conexión neural global. A pesar de que en este estudio no se midió cualitativamente el nivel de atención ni se estudiaron las redes neurales descritas en la divagación mental o red por defecto (Garrison *et al.*, 2015), se puede inferir que estos cambios podrían deberse a un incremento en la atención y una disminución de la distracción.

Conclusiones

Los resultados obtenidos a partir de los índices del análisis de redes indican que, en las bandas lentas, delta y theta, se incrementó la interconexión funcional y disminuyó la modularización de la información. Lo anterior apunta a un estado mental sano (Yin *et al.*, 2023), en calma, menos disperso, y relacionado con mayor consciencia de uno mismo y menor ansiedad (Chaddad *et al.*, 2023; Kora *et al.*, 2021).

En cuanto a las bandas rápidas (alfa, beta y gamma), el incremento en la modularidad y decremento en los índices de procesamiento neural global (MST y AWD) se han relacionado con estados de poca carga mental (Kaposzta *et al.*, 2021), calma mental (Kora *et al.*, 2021) y estados relajados y atentos (An *et al.*, 2022; Souza y Naves, 2021; Wong Kian *et al.*, 2018). Todo ello coincide con los resultados de este estudio, lo que nos habla de estados relajados y atentos en los participantes tras haber cursado la intervención.

En este estudio se presenta un método novedoso en el análisis de las medidas de EEGc obtenidas después del TAPC en línea (Van Lutterverld *et al.*, 2017). Dado que la conectividad funcional del cerebro humano puede representarse como una red (Sun *et al.*, 2018), los cambios en MST son reflejo de los cambios en la red funcional y ayudan en la comprensión de las modificaciones conductuales y cognitivas (Tewarie *et al.*, 2014), por lo que constituye un método efectivo para cuantificar y detectar las redes corticales funcionales (Saba *et al.*, 2019), siendo novedoso el uso de estas estrategias de análisis de los datos electroencefalográficos en nuestro país.



Algunos estudios han centrado su atención en la funcionalidad cerebral durante la meditación, encontrando una mayor integración neural en la banda alfa —relacionada con mayor MST—, asociándola con un intercambio de información más sencilla entre las diferentes áreas neurales y con una mejora en la cognición (Van Lutterveld et al., 2017). En cambio, en esta investigación el análisis de las señales se enfocó en el estado de reposo de los sujetos, encontrándose una disminución en la integración neural de dicha banda.

En cuanto a las limitaciones, este fue un estudio preliminar en el que participaron cinco varones adultos de la Ciudad de México que, si bien proporciona una referencia para más adelante establecer diferencias con otros grupos poblacionales, la muestra no permite generalizar a la población los datos encontrados. Por otro lado, en el presente trabajo no se corroboraron los resultados neurofisiológicos con medidas psicométricas en búsqueda de correlaciones.

A pesar de que la muestra evaluada fue pequeña, se sientan las bases para continuar con el uso de este tipo de análisis que aporta mayor comprensión del funcionamiento neural y sus cambios relacionados con los cambios psicológicos y conductuales producto de tratamientos psicológicos.

Recientemente, en una revisión sistemática se reportó una relación entre la pérdida de integración neural en la banda alfa y el trastorno de atención, por lo que los autores proponen poner a prueba tratamientos del tipo de atención plena sobre la atención y la banda alfa (Blomsma et al., 2022). Así, se busca abrir el campo de estudio para descifrar los efectos neurales de estas prácticas que subyacen a los beneficios conductuales y psicológicos descritos en la literatura científica. En futuras investigaciones se recomienda evaluar la funcionalidad neural espontánea en ensayos clínicos aleatorizados que incluyan diferentes poblaciones clínicas y en otros grupos poblacionales.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de interés en relación con este artículo.



Financiamiento

Este estudio fue financiado por el programa PAPIIT de la UNAM con el número de proyecto IN311220. La autora Mariana Martínez Pelayo contó con beca para el estudio de posgrado de Conahcyt del gobierno mexicano por el apoyo con la beca de doctorado clave 2019-000037-02NAC.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del programa PAPIIT (UNAM) por el financiamiento de este estudio, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) del gobierno mexicano, así como la participación de los estudiantes Sergio Díaz Medina, Cristian Curiel y Emiliano Vázquez Pelayo.

Referencias

- Agosta, F., Sala, S., Valsasina, P., Meani, A., Canu, E., Magnani, G., Cappa, S., Scola, E., Quatto, P., Horsfield, M., Falini, A., Comi, G., & Filippi, M. (2013). Brain Network Connectivity Assessed Using Graph Theory in Frontotemporal Dementia. *Neurology*, *81*(2), 134–143. <https://doi.org/10.1212/wnl.0b013e31829a33f8>
- Babor, T. F., Higgins-Biddle, J. C., Saunders, J. B. y Monteiro, M. G. (2001). *AUDIT. Cuestionario de identificación de los trastornos debidos al consumo de alcohol: pautas para su utilización en atención primaria*. Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/331321>
- Barrera Gutiérrez, J. L., Mejía Cruz, D. y Moreno Coutiño, A. B. (2021). Tratamiento basado en atención plena compasiva: un estudio piloto en policonsumidores de drogas. *Psicología y Salud*, *31*(1), 25-35. <https://doi.org/10.25009/pys.v31i1.2673>



- Berenzon, S., Lara, M. A., Robles, R. y Medina-Mora, M. E. (2013). Depresión: estado del conocimiento y la necesidad de políticas públicas y planes de acción en México. *Salud Pública de México*, 55(1), 74-80. <https://doi.org/10.1590/s0036-36342013000100011>
- Blomsma, N., de Rooy, B., Gerritse, F., van der Spek, R., Tewarie, P., Hillebrand, A., Otte, W. M., Stam, C. J., & van Dellen, E. (2022). Minimum Spanning Tree Analysis of Brain Networks: A Systematic Review of Network Size Effects, Sensitivity for Neuropsychiatric Pathology, and Disorder Specificity. *Network Neuroscience*, 6(2), 301–319. https://doi.org/10.1162/netn_a_00245
- Böckler, A., Tusche, A., Schmidt, P., & Singer, T. (2018). Distinct Mental Trainings Differentially Affect Altruistically Motivated, Norm Motivated, and Self-Reported Prosocial Behaviour. *Scientific Reports*, 8(1), 1-14. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-31813-8>
- Brown, K., & Ryan, R. M. (2003). The Benefits of Being Present: Mindfulness and Its Role in Psychological Well-Being. *Journal of Personality and Social Psychology*, 84(4), 822-848. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.84.4.822>
- Buzsáki, G., Anastassiou, C. A., & Koch, C. (2012). The Origin of Extracellular Fields and Currents—EEG, ECoG, LFP, and Spikes. *Nature Reviews Neuroscience*, 13(6), 407-420. <https://doi.org/10.1038/nrn3241>
- Bullmore, E., & Sporns, O. (2009). Complex Brain Networks: Graph Theoretical Analysis of Structural and Functional Systems. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(3), 186–198. <https://doi.org/10.1038/nrn2575>
- Calvete, E. y Estévez, A. (2009). Consumo de drogas en adolescentes: el papel del estrés, la impulsividad y los esquemas relacionados con la falta de límites. *Adicciones*, 21(1), 49-56. <https://doi.org/10.20882/adicciones.251>
- Chiang, S., Cassese, A., Guindani, M., Vannucci, M., Yeh, H. J., Haneef, Z., & Stern, J. (2016). Time-Dependence of Graph Theory Metrics in Functional Connectivity Analysis. *Neuroimage*, 125, 601–615. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.10.070>



- Díaz Ayala, D. (2019). *Diseño del programa de formación de terapeutas en atención plena compasiva dirigido a dejar de fumar* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://132.248.9.195/ptd2019/mayo/0789012/Index.html>
- Drakesmith, M., Caeyenberghs, K., Dutt, A., Lewis, G., David, A. S., & Jones, D. K. (2015). Overcoming the Effects of False Positives and Threshold Bias in Graph Theoretical Analyses of Neuroimaging Data. *Neuroimage*, *118*, 313–333. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.05.011>
- Feruglio, S., Matiz, A., Pagnoni, G., Fabbro, F., & Crescentini, C. (2021). The Impact of Mindfulness Meditation on the Wandering Mind: A Systematic Review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *131*(1), 313-330. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.09.032>
- Filippi, M., Basaia, S., Canu, E., Imperiale, F., Meani, A., Caso, F., Magnani, G., Falautano, M., Comi, G., Falini, A., & Agosta, F. (2017). Brain Network Connectivity Differs in Early-Onset Neurodegenerative Dementia. *Neurology*, *89*(17), 1764–1772. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000004577>
- Förster, K., & Kanske, P. (2021). Exploiting the Plasticity of Compassion to Improve Psychotherapy. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *39*, 64-71. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2021.01.010>
- Garrison, K. A., Zeffiro, T. A., Scheinost, D., Constable, R. T., & Brewer, J. A. (2015). Meditation Leads to Reduced Default Mode Network Activity Beyond an Active Task. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *15*(3), 712-720. <https://doi.org/10.3758/s13415-015-0358-3>
- Germer, C. K., & Siegel, R. D. (2012). *Wisdom and Compassion in Psychotherapy: Deepening Mindfulness in Clinical Practice*. Guilford Press.



- Goldin, P. R., & Jazaieri, H. (2020). Investigating Moderators of Compassion Meditation Training in a Community Sample. *Mindfulness, 11*(1), 75-85.
<https://doi.org/10.1007/s12671-017-0857-0>
- González-Ramírez, M. T., & Landero-Hernández, R. L. (2007). Factor Structure of the Perceived Stress Scale (PSS) in a Sample from Mexico. *Spanish Journal of Psychology, 10*(1), 199-206.
<https://doi.org/10.1017/s1138741600006466>
- Instituto Mexicano del Seguro Social. (IMSS, 2020). *El 75 % de los mexicanos padece fatiga por estrés laboral, superando a países como China y Estados Unidos*. Gobierno de México.
<https://www.imss.gob.mx/salud-en-linea/estres-laboral>
- Instituto Mexicano del Seguro Social. (IMSS, 2021; 20 de mayo). 206. *Coordina Salud servicios de atención psicológica ante pandemia por COVID-19*. Secretaría de Salud.
<https://www.gob.mx/salud/prensa/206-coordina-salud-servicios-de-atencion-psicologica-ante-pandemia-por-covid-19?idiom=es>
- Joudaki, A., Salehi, N., Jalili., M., & Knyazeva, M. G. (2012). EEG-Based Functional Brain Networks: Does the Network Size Matter? *PloS One, 7*(4), e35673. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035673>
- Kabat-Zinn, J. (2003). Mindfulness-Based Interventions in Context: Past, Present, and Future. *Clinical Psychology: Science and Practice, 10*(2), 144-156.
<https://psycnet.apa.org/doi/10.1093/clipsy.bpg016>
- Kabbara, A., Khalil, M., O'Neil, G., Dujardin, K., El Traboulsi, Y., Wendiling, F., & Hassan, M. (2019). Detecting Modular Brain States in Rest and Task. *Network Neuroscience, 3*(3), 878-901.
https://doi.org/10.1162%2Fnetn_a_00090



- Kirby, J. N. (2016). Compassion Interventions: The Programmes, the Evidence, and Implications for Research and Practice. *Psychology and Psychotherapy: Theory, Research and Practice*, *90*(3), 432-455. <https://doi.org/10.1111/papt.12104>
- Klee, D., Colgan, D. D., Hanes, D., & Oken, B. (2020). The Effects of an Internet-Based Mindfulness Meditation Intervention on Electrophysiological Markers of Attention. *International Journal of Psychophysiology*, *158*, 103–113. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2020.10.002>
- Koener, K., & Linehan, M. M. (1992). Integrative Therapy for Borderline Personality Disorder: Dialectical Behavior Therapy. In J. C. Norcross & M. R. Goldfried (Eds.), *Handbook of Psychotherapy Integration* (pp. 433–459). Basic Books.
- Kong, T., Shao, J., Hu, J., Yang, X., Yang, S., & Malekian, R. (2021). EEG-based Emotion Recognition Using an Improved Weighted Horizontal Visibility Graph. *Sensors*, *21*(5), 1870. <https://doi.org/10.3390/s21051870>
- Kora, P., Meenakshi, K., Swaraja, K., Rajani, A., & Raju, M. S. (2021). EEG Based Interpretation of Human Brain Activity During Yoga and Meditation Using Machine Learning: A Systematic Review. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, *43*(5), 101329. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2021.101329>
- Leaviss, J., & Uttley, L. (2015). Psychotherapeutic Benefits of Compassion-Focused Therapy: An Early Systematic Review. *Psychological Medicine*, *45*(5), 927-945. <https://doi.org/10.1017/s0033291714002141>
- Lee, U., Oh, G., Kim, S., Noh, G., Choi, B., & Mashour, G. A. (2010). Brain Networks Maintain a Scale-Free Organization Across Consciousness, Anesthesia, and Recovery: Evidence for Adaptive Reconfiguration. *The Journal of the American Society of Anesthesiologists*, *113*(5), 1081-1091. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e3181f229b5>



- Li, X., Jing, Z., Hu, B., Zhu, J., Zhong, N., Li, M., Ding, Z., Yang, J., Zhang, L., Feng, L., & Majoe, D. (2017). A Resting-State Brain Functional Network Study in MDD Based on Minimum Spanning Tree Analysis and the Hierarchical Clustering. *Complexity*, 2017, 9514369, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2017/9514369>
- Lovibond, P. F., & Lovibond, S. H. (1995). The Structure of Negative Emotional States: Comparison of the Depression Anxiety Stress Scales (DASS) with the Beck Depression and Anxiety Inventories. *Behavioral Research Therapy*, 33(3), 335-343. [https://doi.org/10.1016/0005-7967\(94\)00075-U](https://doi.org/10.1016/0005-7967(94)00075-U)
- López-Tello, A. (2021). *Atención plena compasiva para la cesación tabáquica: un estudio comparativo* [Tesis de doctorado]. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://132.248.9.195/ptd2021/mayo/0812119/Index.html>
- McCall, C., Steinbeis, N., Ricard, M., & Singer, T. (2014). Compassion Meditators Show Less Anger, Less Punishment, and More Compensation of Victims in Response to Fairness Violations. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 8, Art. 424. <https://doi.org/10.3389%2Ffnbeh.2014.00424>
- Martínez-Lanz, P., Media-Mora, M. E. y Rivera, E. (2005). Adicciones, depresión y estrés en médicos residentes. *Revista de la Facultad de Medicina*, 48(5), 191-197. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rfm/article/view/12885>
- Ngô, T.-L. (2013). Revue des Effets de la Méditation de Pleine Conscience Sur la Santé Mentale et Physique et Sur Ses Mécanismes d'Action. *Santé Mentale au Québec*, 38(2), 19-34. <https://doi.org/10.7202/1023988ar>
- Ramírez-Carrillo, E., G-Santoyo, I., López-Corona, O., Rojas-Ramos, O. A., Falcón, L. I., Gaona, O., Cerqueda-García, D., Sánchez-Quinto, A., de la Fuente Rodríguez, R. M., ..., & Nieto, J. (2020a). We



Think What We Eat: Animal-Based Diet Influences Cerebral and Microbiota Networks Connectivity in Early Ages. A Study Case of an Indigenous Community in Mexico. *bioRxiv*.
<https://doi.org/10.1101/2020.07.25.221408>

Ramírez-Carrillo, E., Gaona, O., Nieto, J., Sánchez-Quinto, A., Cerqueda-García, D., Falcón, L. I., Rojas-Ramos, O. A., & González-Santoyo, I. (2020b). Disturbance in Human Gut Microbiota Networks by Parasites and its Implications in the Incidence of Depression. *Scientific Reports*, *10*(1), 3680.
<https://www.nature.com/articles/s41598-020-60562-w>

Ramírez-Carrillo, E., G-Santoyo, I.; López-Corona, O., Falcón, L., Gaona, O., Cerqueda-García, D., Sánchez-Quinto, A., Rojas-Ramos, O. A., de la Fuente-Rodríguez, R. M., Hernández Castillo, A., Hernández- Muciño, D., & Nieto, J. (2023). Similar Connectivity of Gut Microbiota and Brain Activity Networks is Mediated by Animal Protein and Lipid Intake in Children from a Mexican Indigenous Population. *PloS One*, *18*(6), e0281385.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281385>

Rathee, D., Cecotti, H., & Prasad, G. (2017). *Propofol-Induced Sedation Diminishes the Strength of Frontal-Parietal-Occipital EEG Network* [conferencia]. 395h Annual International Conference of the IEEE Engineering Medical and Biology Society (EMBS) (pp. 4463–4466). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/EMBC.2017.8037847>

Rodríguez Durán, C. A. y Moreno-Coutiño, A. B. (2021). Evaluación de dos tratamientos psicológicos para mujeres embarazadas con sintomatología ansiosa. *Psicología y Salud*, *31*(1), 69-79.
<https://doi.org/10.25009/pys.v31i1.2677>

Rubinov, M., & Sporns, O. (2010). Complex Network Measures of Brain Connectivity: Uses and Interpretations. *NeuroImage*, *52*(3), 1059–1069. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.10.003>



- Saba, V., Premi, E., Cristillo, V., Gazzina, S., Palluzzi, F., Zanetti, O., Gasparotti, R., Padovani, A., Borroni, B., & Grassi, M. (2019). Brain Connectivity and Information-Flow Breakdown Revealed by a Minimum Spanning Tree-Based Analysis of MRI Data in Behavioral Variant Frontotemporal Dementia. *Frontiers in Neuroscience*, *13*, 211.
<https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00211>
- Sánchez-Paquini, E. M. y Moreno-Coutiño, A. B. (2017). Efectos del tratamiento de atención plena y compasión sobre ansiedad, calidad de vida y asma. *Psicología y Salud*, *27*(2), 163-178.
<https://psicologiaysalud.uv.mx/index.php/psicysalud/article/view/2527/4409>
- Santiago Maldonado, J. M., Reséndiz Barragán, A. M., Sánchez Sosa, J. J. y Moreno Coutiño, A. B. (2017). Sintomatología depresiva y conducta de atracón en la obesidad: Estudio piloto con intervención de atención plena y compasión. *Psiquis*, *26*(1), 15-26.
<https://www.imbiomed.com.mx/articulo.php?id=108945>
- Shapiro, S. L., Carlson, L. E., Astin, J. A., & Freedman, B. (2006). Mechanisms of Mindfulness. *Journal of Clinical Psychology*, *62*(3), 373-386. <https://doi.org/10.1002/jclp.20237>
- Sharma, H., Raj, R., & Juneja, M. (2019). EEG Signal Based Classification Before and After Combined Yoga and Sudarshan Kriya. *Neuroscience Letters*, *707*, 134300. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2019.134300>
- Siegel, D.J. (2010). *Cerebro y mindfulness*. Paidós.
- Souza, R. H. C. E., & Naves, E. L. M. (2021). Attention Detection in Virtual Environments Using EEG Signals: A Scoping Review. *Frontiers in Physiology*, *12*, 727840.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2021.727840>



- Sun, C., Yang, F., Wang, C., Wang, Z., Zhang, Y., Ming, D., & Du, J. (2018). Mutual Information-Based Brain Network Analysis in Post-Stroke Patients with Different Levels of Depression. *Frontiers in Human Neuroscience*, *12*, 285. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00285>
- Taleb, N. N. (2020). *Statistical Consequences of Fat Tails: Real World Preasymptotics, Epistemology, and Applications*. STEM Academic Press. <https://www.researchers.one/article/2020-01-21>
- Tewarie, P., Hillebrand, A., Schoonheim, M. M., van Dijk, B. W., Geurts, J. J., Barkhof, F., Polman, C. H., & Stam, C. J. (2014). Functional Brain Network Analysis Using Minimum Spanning Trees in Multiple Sclerosis: an MEG Source-Space Study. *NeuroImage*, *88*, 308–318. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.10.022>
- van Lutterveld, R., van Dellen, E., Pal, P., Yang, H., Stam, C. J., & Brewer, J. (2017). Meditation is Associated with Increased Brain Network Integration. *Neuroimage*, *158*, 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.06.071>
- Wong Kian, F., Teng, J., Chee Michael, M. L., Doshi, K., & Lim, J. (2018). Positive Effects of Mindfulness-Based Training on Energy Maintenance and the EEG Correlates of Sustained Attention in a Cohort of Nurses. *Frontiers in Human Neuroscience*, *12*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00080>
- Xiaowei, L., Zhuang, J., Bin, H., Jing, Z., Ning, Zh., Mi, L., Zhijie, D., Jing, Y., Lan, Z., Lei, F., & Dennis, M. (2017). A Resting-State Brain Functional Network Study in MDD Based on Minimum Spanning Tree Analysis and the Hierarchical Clustering. *Complexity*, *2017*(1), 1-11. <https://doi.org/10.1155/2017/9514369>
- Yang, T., Qiao, Y., Xiang, S., Li, W., Gan, Y., & Chen, Y. (2019). Work Stress and the Risk of Cancer: A Meta-Analysis of Observational Studies. *International Journal of Cancer*, *144*(10), 2390–2400. <https://doi.org/10.1002/ijc.31955>



Zhang, W., Muravina, V., Azencott, R., Chu, Z. D., & Paldino, M. J. (2018). Mutual Information Better Quantifies Brain Network Architecture in Children with Epilepsy. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2018(30), 6142898, 1-9.

<https://doi.org/10.1155/2018/6142898>

Zhang, Z., Telesford, Q. K., Giusti, C., Lim, K. O., & Bassett, D. S. (2016). Choosing Wavelet Methods, Filters, and Lengths for Functional Brain Network Construction. *PLoS One*, 11(6), e0157243.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157243>

Cómo citar este artículo: Martínez Pelayo, M., Ramírez Carrillo, E., González-Santoyo, I., & Moreno Coutiño, A. B. (2024). Dinámica Cerebral de Varones con Estrés tras una Intervención en Línea de Atención Plena Compasiva. *Psicumex*, 14(1), 1–31, e654.
<https://doi.org/10.36793/psicumex.v14i1.654>

