

REVISTA
Neuropsicología, Neuropsiquiatría
y Neurociencias



ALAN
Asociación
Latinoamericana de
Neuropsicología

EDITOR FUNDADOR
Alfredo Ardilat

EDITOR
Esmeralda Matute

EDITOR TÉCNICO-ADMINISTRATIVO
Gabriela Castillo-Parra

Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias, volumen 24, núm. 1, enero-junio del 2024, es una publicación digital semestral, editada por la Asociación Latinoamericana de Neuropsicología (ALAN, A.C.), con domicilio para recibir notificaciones en Colomos núm. 2390, interior 85, colonia Providencia, C.P. 44630, Guadalajara, Jalisco, México. Teléfono: 3338174383

Página electrónica de la revista:

<http://revistaneurociencias.com>

Correo electrónico: maria.matute@academicos.udg.mx

Editora responsable: María Esmeralda Matute y Villaseñor. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo núm. 04-2026-030214122100-102. ISSN: en trámite ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Responsable de la última actualización de este número: Dra. Gabriela Castillo Parra, Editor Técnico-administrativo, Colomos núm. 2390, interior 85, colonia Providencia, C.P. 44630, Guadalajara, Jalisco, México. Fecha de la última modificación: 29 de mayo del 2024. Tamaño del archivo: 2.90 MB.

Contenidos

Vol. 24 N°1
Enero-Junio 2024

I	Presentación Esmeralda Matute y Julieta Ramos Loyo
1	Atención y Memoria de Trabajo. Conceptos, Interacción Funcional y Principios Cognitivos y Neurofisiológicos que las Sustentan <i>Attention and Working Memory. Main Concepts and Neural Substrates</i> Geisa Bearitz Gallardo Moreno y Andrés Antonio González Garrido
19	Cambios en el Control Inhibitorio y el EEG Derivados de una Intervención Cognitivo Conductual Basada en Atención Plena en Adolescentes con Abuso Sexual <i>Changes in Inhibitory Control and EEG Derived from a Mindfulness-Based Cognitive Behavioral Intervention in Adolescents with Sexual Abuse</i> Araceli Sanz-Martin, Rebeca Cuan-Corral, Arturo Ron-Grajales y Sofía Preciado-Mercado
59	Control Inhibitorio en Patologías Neurológicas <i>Inhibitory Control in Neurological Pathologies</i> Yaira Chamorro, Iliana Yaraset Sandoval Villafañá, Angélica Zuno Reyes, Karina Pérez Rubio y Esmeralda Matute
81	Bases Neurobiológicas de la Regulación Emocional en la Adolescencia <i>Neurobiological Bases of Emotional Regulation in Adolescence</i> Julieta Ramos-Loyo, Christian L. Castellanos-Gutiérrez y Luis A. Llamas-Alonso
107	Rol del Control Inhibitorio en la Conducta Adictiva <i>Rol of Inhibitory Control in Addictive Behavior</i> Olga Inozemtseva, Blanca Elizabeth Ruvalcaba Ramos, Edgar de Jesús Núñez Mejía, Dulce Nohemí Martínez Leija, Edgar Omar Herrera Hernández y Olga Maleni Mota Acosta
131	Variables Sociodemográficas que Modulan el Desarrollo de las Funciones Ejecutivas <i>Sociodemographic Variables that Modulate the Development of Executive Functions</i> Beatriz Beltrán-Navarro, Yanci Galdámez Hernández y Mario Treviño
149	Atención y Asignación del Valor Incentivo a los Estímulos Sexualmente Relevantes <i>Attention and Assigning of Incentive Value to Sexually Relevant Stimuli</i> Marisela Hernández González y Miguel Ángel Guevara Pérez

Presentación

En 2014, el Dr. Alfredo Ardila, editor fundador de esta revista, abrió un espacio para que el número monográfico de ese año estuviera dedicado a la conmemoración del aniversario del Instituto de Neurociencias, de la Universidad de Guadalajara, México.

Diez años más tarde, el número monográfico es un espacio para que los Profesores-Investigadores de dicho Instituto presenten sus reflexiones teóricas y de aproximaciones metodológicas sobre el estudio del control inhibitorio y de la atención, dos procesos mentales en la investigación en boga, desarrollada dentro de las neurociencias cognitivas.

Lo anterior se da dentro del marco de conmemoración del XXX Aniversario del Instituto de Neurociencias, de la Universidad de Guadalajara, México, único en el país dedicado específicamente a las neurociencias cognitivas y de la conducta.

En diez años, la consolidación de este Instituto es patente a través del número de publicaciones, de citas y de participaciones en congresos. Su hegemonía es clara en diversos campos de las neurociencias cognitivas y de la conducta, tales como efectos de la música en la conducta y la actividad cerebral, la memoria de trabajo en pacientes con diabetes tipo 1, la enfermedad de Alzheimer autosómica dominante, el desarrollo neuropsicológico en condiciones de maltrato infantil y negligencia, la conducta adictiva, neurofisiología del proceso lector, funcionamiento cerebral asociado a la conducta sexual, neuropsicología de las adicciones, endofenotipos del Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad, neuromodulación de la plasticidad sináptica en la corteza visual, entre otros.

En este contexto, los investigadores responsables de siete de los diez laboratorios que constituyen este Instituto contribuyeron para conformar este número del volumen 24 de la revista. Cada uno de ellos, desde su especialidad, aportaron una puesta al día del conocimiento acerca del control inhibitorio y la atención abordándolos en diversos contextos, tales como la adolescencia, patologías neurológicas, adolescentes con abuso sexual, conducta adictiva, variables sociodemográficas y conducta sexual.

Echamos de menos las aportaciones de tres de los laboratorios Farmacología y conducta, Neurodesarrollo cognitivo y Procesos básicos en conducta animal y humana que, por diversos motivos, los investigadores responsables, Jorge Juárez González, Fabiola Reveca Gómez Velázquez y Félix Héctor Martínez Sánchez no pudieron contribuir en este número.

La colaboración entre el Instituto de Neurociencias y la Asociación Latinoamericana de Neuropsicología - ALAN, también se hace patente a través de la organización de sus congresos. Por segunda ocasión, el CONGRESO INTERNACIONAL CEREBRO Y MENTE: LA INTEGRACIÓN se celebrará en Guadalajara, México en agosto de 2025. En breve se anunciará el programa y la dinámica del congreso.

Esmeralda Matute
Julieta Ramos Loyo
Editoras invitadas de este número



Atención y Memoria de trabajo. Conceptos, Interacción Funcional y Principios Cognitivos y Neurofisiológicos que las Sustentan

Geisa Bearitz Gallardo Moreno y Andrés Antonio González Garrido

Laboratorio de Neurofisiología Clínica, Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Guadalajara,
Jalisco, México

Nota de Autor

Geisa Bearitz Gallardo Moreno  <https://orcid.org/0000-0001-5457-354X>

Andrés Antonio González Garrido  <https://orcid.org/0000-00003-4594-5270>

Correspondencia relacionada a este artículo deberá dirigirse a Geisa Bearitz Gallardo Moreno. Laboratorio de Neurofisiología Clínica, Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Francisco de Quevedo #180, Col. Arcos Vallarta, CP 44130. Guadalajara, Jalisco, México. Teléfono: (+52) 33 3818 0740, ext. 33359. Correo electrónico: geisa.gallardo@academicos.udg.mx

Resumen

La atención y la memoria de trabajo son dos procesos cognitivos imprescindibles para una amplia gama de actividades humanas, como el aprendizaje, la comprensión, el razonamiento y la resolución de problemas. Prácticamente toda actividad cognitiva requiere, en alguna medida, de la participación de los mecanismos neurofisiológicos que sustentan a la atención y memoria de trabajo. Aunque existe una indisoluble relación entre ambos conceptos, se entienden como dos procesos cognitivos con características diferenciales, pero que a la vez, se complementan entre sí. En este trabajo se expone nuestra comprensión de la interacción entre estos procesos, los mecanismos neurales subyacentes, los aspectos que modulan dicha interacción, así como el papel de la atención en los procesos activos de codificación, mantenimiento y manipulación de la información en memoria de trabajo. Comprender las bases neurofisiológicas y neuropsicológicas de estos procesos, la interacción entre ellos y cómo se relacionan con otros procesos cognitivos, resulta esencial tanto para la práctica clínica como para la investigación.

Palabras clave: atención, memoria de trabajo, procesos cognitivos, cognición, bases neurales.

Attention and Working Memory. Main Concepts and Neural Substrates

Abstract

Attention and working memory are two fundamental cognitive processes that underlie a wide range of human activities, such as learning, understanding, reasoning, and problem-solving. Almost all cognitive activity requires the participation of the neurophysiological mechanisms that support attention and working memory. Despite the indissoluble relationship between both concepts, they are understood as two cognitive processes with differential characteristics, but simultaneously, they complement each other. This work reviews our understanding of the interaction between these processes, the underlying neural mechanisms, the aspects that modulate said interaction, and the role of attention in the active processes of encoding, maintenance, and manipulation of information in working memory. Understanding these processes' neurophysiological and neuropsychological bases, their interaction, and how they relate to other cognitive processes is essential for clinical practice and research.

Keywords: attention, working memory, cognitive processes, cognition, neural substrates.

Atención y Memoria de trabajo. Conceptos, Interacción Funcional y Principios Cognitivos y Neurofisiológicos que las Sustentan

Tareas cotidianas como aprender, razonar, comprender el lenguaje, solucionar problemas, entre otras, requieren que procesemos información selectivamente (atención) y que podamos retener esa información en un estado accesible para operar con ella simultáneamente (memoria de trabajo), es decir, son procesos íntimamente relacionados. Aunque estos conceptos han recibido mucha atención de la Psicología Cognitiva y las Neurociencias, normalmente se estudian por separado y cuesta comprender la relación entre ellos. Además, existen muchos modelos de atención desde los años sesenta y varios modelos de memoria de trabajo, algunos muy poco conocidos y complejos de entender. Por si fuera poco, no siempre se utilizan los mismos términos en los modelos para referirse a elementos similares. Aunque ha existido un gran interés en comprender la relación intrínseca entre atención y memoria de trabajo, esta sigue sin aclararse por completo. Es por ello que las definiciones que se realizan en esta revisión están más dirigidas a una diferenciación metodológica con propósitos educativos y de comprensión fenomenológica, que a una verdadera distinción taxonómica.

El presente texto trata de explicar de una manera sencilla el concepto de atención, los tipos de atención propuestos por distintos autores, así como sus bases neurales. No hemos considerado mencionar modelos de atención dado que ese tema merecería una revisión independiente y mucho más integral. No obstante, al tratar de explicar qué es la memoria de trabajo, es inevitable hablar de al menos un par de modelos teóricos, sobre todo porque uno de ellos se podría decir que “nace” junto con el propio concepto de “memoria de trabajo” y, por tanto, ayuda a comprender la naturaleza de este proceso. Por otro lado, el modelo alternativo contempla justamente el papel de la atención dentro de la memoria de trabajo. También explicaremos brevemente las bases neurales de la memoria de trabajo y concluiremos abordando los procesos que se relacionan tanto con la atención como con la memoria de trabajo, así como la interacción entre ellos.

De nuevo aclaramos que la presente revisión no pretende ser exhaustiva, sino más bien dirigida a aquellos estudiantes que se inician en el conocimiento de los procesos cognitivos, a modo de invitación a profundizar en estos temas.

Concepto y Taxonomía General de la Atención

Usualmente entendemos por **atención**, la capacidad de centrar la mente en un estímulo o tarea y de inhibir el procesamiento de otros estímulos irrelevantes. Algunos autores han destacado la imposibilidad práctica de lograr una definición unitaria para este constructo teórico que es la atención (“*no one knows what attention is*”, Hommel et al., 2019), pero podría aceptarse que cuando hablamos de “atención” en general, nos referimos a la capacidad de controlar de forma flexible recursos de procesamiento cerebral limitados. La atención es una función cognitiva central, que permite filtrar y seleccionar la información conductualmente relevante en el ambiente (Alves et al., 2022).

El concepto de “atención” ha generado múltiples interpretaciones en las Neurociencias Cognitivas y la Psicología, determinando la aparición de varios modelos teóricos sobre su significado real y cuáles resultan los mecanismos neurales que la sustentan. En este sentido, se pueden distinguir varios tipos de atención, desde aquél concepto relacionado con el nivel de

“activación, “excitación” o nivel de “alerta” del sujeto, referido esencialmente a la capacidad variable de interacción con el entorno, cuyos niveles solamente resultan distinguibles entre sí de acuerdo con los procesos físicos y fisiológicos que representan (Lindsley, 1988). En este sentido, se han usado términos como “**vigilancia**” (del inglés *vigilance*) para referirse a la habilidad para *sostener la atención* -por cierto periodo de tiempo- hacia una tarea (Davies y Parasuraman, 1982), “**excitación**” (del inglés *arousal*) para designar una activación no-específica de la corteza cerebral con relación a los ciclos sueño-vigilia, o “**alertamiento**” (del inglés *alertness*) que suele sobrelapar a la “excitación” pero incluyendo cierto procesamiento cognitivo. En este último se distinguen el **alertamiento fásico** relacionado con la *respuesta de orientación* (Sokolov, 1963), definida como un cambio involuntario en el foco de atención que constituye uno de los mecanismos primarios de supervivencia (Friedman et al., 2001; Ranganath y Rainer, 2003) y el **alertamiento tónico** que suele usarse como un sinónimo de vigilancia y atención sostenida (Nebes y Brady, 1993; Posner y Petersen, 1990).

Como se ha constatado anteriormente, existen muy diversos conceptos de atención y formas de clasificarlos dependiendo de los criterios taxonómicos que se sigan. Una clasificación común se basa en el nivel de conciencia o control que requiere la atención. Según este criterio, se pueden distinguir los siguientes tipos de atención:

Atención Voluntaria. Es la atención que se dirige de forma consciente y deliberada a un estímulo o tarea. En este sentido, la “conciencia” en su acepción más básica (conciencia sensorial) define la capacidad de reportar o informar el contenido de experiencias subjetivas (ver Nieder, 2022 para revisión del tema).

La atención voluntaria también se reconoce por estar guiada hacia un objetivo y es conocida como atención “*top-down*” o **endógena**. **En este tipo de atención asume un papel relevante la experiencia individual, modificada y consolidada a través del tiempo. Refleja el despliegue de los recursos de procesamiento atencional con base a las expectativas del individuo y sus objetivos.** Tarda más en desplegarse (~300 ms) y puede mantenerse dirigida al objetivo (Ling y Carrasco, 2006; Muller y Rabbitt, 1989).

Atención Involuntaria. Es la atención que se dirige de forma automática e incontrolable por un estímulo que llama la atención. La atención involuntaria es guiada por un estímulo (ej. guiada por estímulos externos del ambiente) y referida como atención **exógena** o “*bottom up*” (Posner y Cohen, 1984). Depende básicamente de la información entrante desde las distintas modalidades sensoriales y representa aquellas circunstancias en las que el individuo carece de expectativas claras o de un conocimiento previo consolidado sobre esta información, conocimiento que le permita anticiparla en alguna medida. Esta modalidad de atención se produce de forma rápida y transitoria (~80-120 ms) (ver Eimer et al., 1996 para revisión).

Además de estas clasificaciones generales, existe una clasificación propuesta por Sohlberg y Mateer (1987) que parte de la observación clínica de pacientes con daño cerebral. Es una clasificación ampliamente utilizada en el ámbito de la neuropsicología clínica y se ha ido enriqueciendo con la aportación de numerosos autores. Los tipos de atención propuestos son:

Atención Sostenida. Es la capacidad de dirigir y centrar la actividad cognitiva en estímulos específicos durante periodos prolongados de tiempo. El sostenimiento de la atención es un requisito básico para el procesamiento de la información (Gallen et al., 2023).

Atención Selectiva. Definida como la capacidad de centrarse en un estímulo o tarea específico, ignorando otros estímulos. Se reconoce como el proceso cognitivo de atender uno o

pocos estímulos sensoriales (es decir, externos e internos) mientras se ignoran o suprimen todos los demás estímulos que se consideran irrelevantes para la tarea a cumplir en ese momento (Murphy et al. 2016).

Atención Dividida. Es la capacidad de procesar más de una información a la vez, integrando en paralelo múltiples estímulos (Cristofori y Levin, 2015; Murphy y Castel, 2023).

Atención Alternante. Es la capacidad de pasar de una tarea a otra de forma rápida y eficiente (alternar entre tareas). La atención alternante permite detener una tarea para participar en otra y, luego poder volver a la tarea inicial. De manera similar a la atención dividida, la atención alterna permite cambiar el enfoque y alternar entre tareas, pero con la diferencia de que no involucra la ejecución simultánea de varias actividades (Hennawy et al., 2019).

Bases Neurales de la Atención

Como se puede colegir de lo anteriormente expuesto, la atención es un proceso complejo que requiere la participación de diferentes estructuras cerebrales. Estas estructuras pueden no estar adyacentes o conectadas físicamente desde el punto de vista anatómico, pero sí “conectadas” funcionalmente, es decir, sus neuronas comparten información de manera continua y organizada en patrones de activación espaciotemporal, lo que se conoce como redes cerebrales (Power et al., 2010; van den Heuvel y Hulshoff, 2011). Se acepta que múltiples áreas de las cortezas prefrontal, parietal y temporal desempeñan un papel fundamental en las redes cerebrales que procesan la atención.

La importante e innovadora revisión realizada por Posner y Petersen en 1990, postulaba tres definiciones básicas sobre el sistema atencional: a) que la atención estaba constituida por diferentes sistemas de procesamiento, separados desde el punto de vista anatómico y encargados de lidiar con la entrada de estímulos y la toma de decisiones, produciendo salidas en cada caso; b) que los sistemas de procesamiento atencional se basan en redes de estructuras anatómicas y, c) que en términos cognitivos, se puede distinguir el papel diferencial de la contribución funcional de cada estructura anatómica al procesamiento atencional.

Las tres redes atencionales originalmente descritas por Posner y Petersen comprendían una **red de alertamiento** asentada en el tallo cerebral y el hemisferio derecho, a cargo de generar un estado de vigilancia tal, que preparara al individuo para detectar y responder ante un estímulo esperado. También incluía la **red de orientación**, básicamente dependiente de la corteza parietal y responsable de priorizar determinada entrada sensitiva vía selección de una modalidad o localización determinadas. Finalmente, el modelo se completó con la postulación de una **red ejecutiva** que incluía la corteza cingulada anterior y la región frontal medial, aparentemente encargada del enfoque atencional en un blanco específico, lo que implicaba la comprensión de que el sistema atencional tiene capacidades y recursos de procesamiento limitados (ver Petersen y Posner, 2012, para revisión actualizada de los postulados iniciales).

El reciente e impetuoso desarrollo de las técnicas de imagen ha redefinido un poco la conceptualización inicial de las redes atencionales, aunque conservando la esencia de los postulados originales. Con el uso de estas técnicas novedosas, la localización de áreas funcionales de los sistemas de atención ha permitido identificar dos redes neurales segregadas: una red que parece subyacer a los procesos atencionales impulsados o guiados por estímulos (*bottom-up*) o red de atención ventral o “anterior” desde el punto de vista anatómico (ventral attention network [VAN], por sus siglas en inglés) y una red que media los procesos atencionales

impulsados o guiados por objetivos (*top-down*) o red de atención dorsal o “posterior” anatómicamente (dorsal attention network [DAN], por sus siglas en inglés).

Existen múltiples diferencias en cuanto a la distribución topográfica de ambas redes atencionales. La VAN por ejemplo, se ha reportado como marcadamente lateralizada hacia el hemisferio derecho (Corbetta et al., 2008; Downar et al., 2000), teniendo como principales estructuras participantes la unión temporoparietal y la corteza prefrontal ventrolateral, mientras que la DAN resulta más equitativamente distribuida entre ambos hemisferios (Amemiya et al., 2021) involucrando esencialmente el surco intraparietal, el lóbulo parietal superior y los campos orbitales frontales. Desde el punto de vista funcional, se ha demostrado que la DAN codifica y modula la actividad *top-down* sensorial, influyendo amplias regiones relacionadas con este tipo procesamiento en todas las modalidades (olfatoria, auditiva, visual y somestésica) (Corbetta y Shulman, 2002).

La extensión de las relaciones funcionales y áreas de control de ambas redes atencionales no solo involucra elementos de tipo cortical, sino también una amplia participación de regiones subcorticales, como el núcleo cuneiforme, la cabeza del caudado, el núcleo interpeduncular, lóbulos cerebelosos, núcleo pulvinar y mediodorsal del tálamo, colículo superior y núcleo pálido del rafe, entre otras estructuras, con amplia superposición de actividad entre ambas redes (ver Alves et al., 2022 para extensa revisión). Pero ¿cómo podría establecerse una relación temporal estable entre tan variadas regiones y estructuras anatómicas que permitiera una participación funcional coordinada? Evidencia reciente que proviene del estudio electrofisiológico de los cambios en la actividad funcional cerebral para la ejecución de tareas específicas ha permitido demostrar que las oscilaciones rítmicas cerebrales (particularmente en la banda theta 3-8 Hz) participan en la guía *top-down* de la conducta lo que revela que las oscilaciones theta subyacen a la organización funcional de las redes atencionales (Busch et al., 2009; Flenry y Obleser, 2012; Helfrich et al., 2019; Mathewson et al., 2009). Además, la actividad theta en las cortezas frontales parece asociada con una reorientación activa de la atención (Proskovec et al., 2018).

En este sentido, se ha observado que cuando se presenta una pista que indica la modalidad sensorial que se requiere atender, se produce un incremento anticipado de la potencia de las oscilaciones para alpha/beta (12-20 Hz) en la VAN, lo que sugiere que la supresión de la VAN evita el desvío de la atención hacia los distractores (Solís-Vivanco et al., 2021).

Concepto y Modelos más Usados para Describir el Procesamiento en Memoria de Trabajo

La “**memoria de trabajo**” (MT) se define como la capacidad de almacenar y manipular información temporalmente para realizar tareas cognitivas complejas. Este concepto tiene como antecedente el estudio de la memoria y el modelo modal propuesto por Atkinson y Shiffrin (1968). El modelo modal dividía a la memoria en tres subcomponentes principales interdependientes: un banco de registro sensorial, un almacén a corto plazo y un almacén a largo plazo. Sin embargo, distinguieron el mantenimiento de la información como un periodo corto y limitado de tiempo (memoria a corto plazo) del procesamiento interactivo de esta información con los registros sensoriales y el almacén de largo plazo. También asumía que la memoria de trabajo, era una memoria a corto plazo que tenía un rol importante en la cognición. La principal crítica venía justamente de la observación de situaciones clínicas donde una afectación del almacén a corto plazo, podía coexistir con un desempeño cognitivo normal. Por esta razón y derivado de sus

propios experimentos, Baddeley y Hitch distinguieron a la memoria a corto plazo como únicamente un almacén temporal de información y a la memoria de trabajo como una combinación de almacenamiento y manipulación simultánea de la información. Por tanto, propusieron un modelo denominado “modelo multicomponentes de MT” (Baddeley y Hitch, 1974; Baddeley et al., 2019), que sigue resultando el más empleado hasta la actualidad.

En el modelo de multicomponentes se define a la MT como un sistema de capacidad limitada, que provee un almacenamiento temporal de información, la cual se puede manipular para el desempeño de diversas actividades cognitivas. Además, no es un sistema unitario, sino que puede dividirse en al menos cuatro componentes principales. Dichos componentes pueden considerarse como módulos, en el sentido de que involucran sistemas de almacén y procesamiento. Los módulos están estrechamente relacionados entre sí y conectados con otros sistemas remotos, como la percepción y la memoria a largo plazo ([MLP], Baddeley, 2012).

El primer componente del modelo es el sistema ejecutivo central, el cual funciona como el controlador de procesos. Se encarga de la actualización y recuperación de la información, así como de la distribución de recursos atencionales. El ejecutivo central es independiente de los llamados “subsistemas esclavos”, llamados así porque su operación funcional depende del propio ejecutivo central. Inicialmente se describieron dos de estos subsistemas: el bucle fonológico (“*phonological loop*” que recibe la información verbal-fonológica-auditiva) y un sistema análogo para la información visoespacial (“*visoespatial sketchpad*” o agenda visoespacial: Baddeley, 2012; Baddeley y Hitch, 1974; Baddeley et al., 2019). Posteriormente se añadió al modelo otro componente, el búfer episódico (“*episodic buffer*”: Baddeley, 2010; Baddeley et al., 2018; Baddeley y Logie, 1999), el cual es capaz de almacenar información en un código multidimensional, mediante la creación de episodios coherentes accesibles conscientemente, por lo que la interacción con los subsistemas esclavos es constante, de igual manera que con la MLP, que es considerada como un almacén dinámico que nos permite codificar y mantener una gran cantidad de información de cualquier modalidad sensorial por un periodo prolongado de tiempo (Baddeley, 2000).

Si describimos funcionalmente cada uno de los componentes del Modelo Multicomponentes de MT, podríamos señalar que al bucle fonológico corresponde el mantener y manipular información verbal escrita y/o auditiva, con una capacidad limitada de operación y duración breve. Además, se encarga de la subvocalización, que sustenta el mantenimiento activo de la información y su transferencia a MLP (Baddeley et al., 2018; Baddeley y Logie, 1999). En su caso, la agenda visoespacial desempeña un papel similar al del bucle fonológico, pero en lo concerniente al procesamiento de información visual y espacial, coincidiendo en cuanto a su limitada capacidad y duración procesal. El modelo divide la agenda visoespacial en el “*visual cache*” (caché visual), a cargo del procesamiento de información de esta modalidad sensorial y el “*inner scribe*” (escritura interior), que incluye una repetición activa involucrada en el procesamiento de información espacial y de movimiento (Baddeley y Logie, 1999; Logie, 2003).

Originalmente el modelo se completaba con el “ejecutivo central”, como gran coordinador de los subsistemas “esclavos” mencionados y siendo responsable del control atencional, el sostenimiento de la información y la regulación del sistema (Baddeley, 2010). Sin embargo ante la insuficiencia del modelo para explicar la interrelación con el conocimiento ya adquirido en memoria a largo plazo, surge el concepto de “buffer episódico” (Baddeley, 2000), como integrador multimodal de los “episodios” en procesamiento y vínculo entre MT y la memoria a largo plazo.

Un modelo alternativo al de multicomponentes de MT y que ha recibido gran interés por los teóricos de este tipo de memoria, es el modelo de MT postulado por Cowan (1988). Este autor criticó la poca flexibilidad del modelo multicomponentes y la exclusión que este hacía de modalidades sensoriales tales como el tacto, por lo que postula un nuevo concepto como sistema de procesos “embebidos” o integrados (Cowan, 2005) con etapas distintivas: codificación, mantenimiento, manipulación y recuperación de información y la ventaja de que, aunque reconoce las limitaciones intrínsecas de MT, hace énfasis en la atención y su control, así como en la interacción temporo-espacial entre MT y los contenidos en memoria a largo plazo (Cowan, 2014). Este modelo trata de explicar que la memoria a corto plazo es parte de la memoria a largo plazo, a su vez que la memoria de trabajo está contenida (“embebida” o “integrada”) en la memoria a corto plazo, ya que constituye un almacén temporal al igual que ésta. De igual manera, se considera un foco atencional que es parte de la memoria de trabajo y que puede dirigirse hacia estímulos externos, pero también hacia estímulos internos (hacia el material ya almacenado en memoria a largo plazo) lo que permite que la memoria de trabajo disponga simultáneamente tanto de la información entrante, como de la ya almacenada para su operación.

Bases Neurales de la Memoria de Trabajo

Reconociendo que la MT es un proceso cognitivo que subyace a una amplia gama de actividades y resulta esencial para el aprendizaje, la comprensión, el razonamiento y la resolución de problemas, podemos concluir entonces que prácticamente toda actividad cognitiva requiere, en alguna medida, de la participación de los mecanismos neurofisiológicos que sustentan la MT, desde seguir instrucciones, aprender un nuevo concepto, resolver un problema matemático, leer un texto, mantener una conversación, conducir un automóvil, entre muchos otros ejemplos de actividades cotidianas.

El procesamiento de la memoria de trabajo se sustenta en la participación funcional de una amplia red de estructuras cerebrales que, en términos generales incluye:

- Corteza prefrontal: responsable de la planificación, el control inhibitorio y la flexibilidad cognitiva.
- Corteza parietal: a cargo de la atención espacial y la orientación.
- Corteza temporal: responsable del procesamiento del lenguaje y la memoria auditiva.

Puede decirse que la red fronto-parietal que incluye estructuras como la corteza prefrontal, el polo frontal, el cíngulo anterior, la corteza premotora y la corteza parietal constituye la base sustentante principal de MT, siendo el fascículo longitudinal superior el tracto eje de su conectividad anatómica (ver Janelle et al., 2022 para revisión).

La corteza prefrontal participa activamente en el mantenimiento y recuperación de información, el control atencional y la coordinación de las áreas que reciben la información sensorial o material que debe mantenerse en memoria (Cowan, 1999; Riley y Constantinidis, 2016; Wickelgren, 1997). La corteza prefrontal permite la representación neural de un estímulo, aún en su ausencia física (Funahashi et al., 1989), por lo que se infiere involucrada en el reconocimiento de la identidad de objetos y su localización espacial. Esta capacidad distintiva de la corteza prefrontal le permite el control del flujo del procesamiento de los estímulos entrantes y su discriminación *a priori*, basada en el conocimiento previo sobre la potencial relevancia de los mismos para el instante en que aparecen (“*top-down*”) y el control sobre la distribución dinámica

de recursos atencionales con alta participación de la vía colinérgica (relaciones funcionales interneurales mediadas por el neurotransmisor acetilcolina) (Nyberg, 2018; Paneri y Gregoriou, 2017, para revisión extensa del tema).

Se acepta que la corteza prefrontal no constituye un área para el almacenamiento de información, sino que desempeña un papel relevante en el mantenimiento de aquella relacionada con representaciones mentales de alto orden, lo que incluye reglas, material abstracto y factores ejecutivos de MT, con una distribución topográfica funcional específica (D'Esposito y Postle, 2015). Además, la corteza prefrontal influye de manera distintiva sobre el tipo de material que se procesa en áreas como la corteza parietal y campo orbicular frontal (mantenimiento de la localización espacial), o cuando se trata de información verbal, interactuando con el área de Broca y la región parietal inferior (Curtis y D'Esposito, 2003), probablemente vía sincronización neuronal prefrontal/parieto-occipital (Johnson et al., 2017).

Tanto la corteza cingulada anterior, como la corteza parietal y áreas subcorticales como los ganglios basales y el cerebelo participan de forma activa en la codificación y recuperación de información verbal, así como en la integración estimuladora que respalda la toma de decisiones (Chai et al., 2018). El cíngulo anterior parece esencialmente involucrado en el control cognitivo y se ha definido como una base probable de las estrategias individuales. El cerebelo por su parte, participa en procesos atencionales -especialmente la atención visual- y la representación de la localización visoespacial (Brissenden y Somers, 2019), mientras que los ganglios basales se asume que desempeñan un papel importante en enfocar un objetivo definido al suprimir elementos distractores (Moore et al., 2013), posiblemente vía una modulación de tipo dopaminérgica (D'Esposito y Postle, 2015).

Finalmente, la corteza temporal desempeña un papel crucial en la retención de vínculos relacionales complejos entre los elementos memorizados. En particular el lóbulo temporal medial interviene en la interacción entre el muestreo activo del ambiente y la memoria, participando en la selección de la información entrante a la MT, así como en la transferencia desde memoria a largo plazo a la MT (ver Pollmann y Schneider, 2022 para revisión extensa).

Diferencias Conceptuales entre Atención y Memoria de Trabajo

Aunque existe una indisoluble relación entre ambos conceptos, la atención y la memoria de trabajo se entienden como dos procesos cognitivos con algunas características diferenciales, donde la atención transcurre en el presente, es de naturaleza selectiva y limitada en su capacidad. Mientras tanto, la memoria de trabajo puede referirse al pasado, presente o futuro, con una naturaleza mucho más compleja y también con capacidad limitada, aunque algunos autores aceptan la noción de que esta capacidad es potencialmente ampliable con un entrenamiento adecuado, entendiéndose “ampliación”, como un posible incremento en la eficiencia operativa de cualquiera (o todas) las etapas integrantes de procesamiento.

A pesar de la distinción entre ambos conceptos, la atención y la memoria de trabajo se conceptualizan como procesos cognitivos complementarios entre sí. En términos prácticos, puede aceptarse que la atención permite a la persona centrarse en una información relevante, mientras que la memoria de trabajo le permite manipular esa información para realizar tareas más complicadas.

Principales Procesos Cognitivos Implicados en la Atención

La atención es un proceso complejo que involucra la participación de diferentes procesos cognitivos, que incluyen:

Percepción. Definida como el proceso de adquirir información a través de los sentidos (vista, oído, tacto, olfato y gusto). La atención comienza con la percepción y esta nos permite exponernos a los estímulos que nos rodean e identificarlos, determinando en cada instante de tiempo si son relevantes o no para la tarea que ejecutamos en ese momento. Una vez que los estímulos han sido percibidos, deben ser procesados para que podamos comprenderlos. Este procesamiento incluye la interpretación y la comprensión de la información percibida (Rogers, 2017). Por ejemplo, para escuchar un sonido, el oído detecta una onda de presión que es convertida (este paso se conoce como “transducción”) a impulsos eléctricos que son transmitidos por el nervio coclear hasta las áreas cerebrales especializadas que pueden entonces determinar qué sonido es, de dónde proviene y si es o no relevante para lo que se está haciendo en ese momento.

Memoria a Corto Plazo. Capacidad de almacenar información durante un breve período de tiempo. La información que es relevante para la tarea que se desarrolla “en línea”, debe ser almacenada temporalmente en la memoria a corto plazo, lo que resulta indispensable para la ejecución de tareas más complejas (se debe de recordar que MT, es una modalidad de memoria a corto plazo) (Cowan, 2017). Por ejemplo, cuando alguien nos da una dirección y la “sostenemos” en memoria hasta que podemos anotarla en nuestra agenda.

Memoria a Largo Plazo. Es la capacidad de almacenar información durante períodos de tiempo prolongados. De hecho, la información relevante para la tarea que se desarrolla en el momento en que esta se adquiere, usualmente interactúa con el conocimiento previo del individuo y de resultar útil y reforzar o modificar el conocimiento recolectado, podrá posteriormente ser almacenada de forma más estable en la “memoria a largo plazo”. Este proceso es imprescindible para el aprendizaje y la comprensión (Cowan et al., 2021).

Control Inhibitorio. Capacidad para inhibir la atención a estímulos irrelevantes. La atención es un proceso selectivo y con capacidad limitada, por lo que es imprescindible suprimir cualquier procesamiento ulterior de estímulos que no representan una prioridad para la tarea “en línea”. El control inhibitorio permite ignorar los estímulos no relevantes para la tarea en curso, mientras se conserva la atención hacia aquellos que sí lo son (Tiego et al., 2018).

Flexibilidad Cognitiva. Capacidad de modificar, adaptativamente, el foco de atención. La atención es un proceso dinámico, por lo que debemos ser capaces de cambiar el foco de atención de forma rápida y eficiente de un material a otro, sin perder la secuencia u objetivo de la acción (Dajani y Uddin, 2015).

Principales Procesos Cognitivos Implicados en la Memoria de Trabajo

Los procesos cognitivos implicados en la memoria de trabajo incluyen (Cowan, 2017; Cowan et al., 2021):

Codificación. El cerebro percibe información sensorial del mundo exterior y la transforma (o “codifica”) en códigos eléctricos neurales para almacenarla posteriormente, lo que constituye el paso inicial en el aprendizaje y la memoria.

Almacenamiento. Es la capacidad de retener información durante un período de tiempo determinado. Es decir, la memoria de trabajo tiene una capacidad limitada para almacenar la

información disponible, por lo que solo puede mantener una pequeña cantidad de información a la vez para ser procesada por un corto tiempo. Esta característica la define como una modalidad de memoria a corto plazo.

Manipulación. Es la capacidad de realizar operaciones cognitivas sobre la información almacenada. Estas operaciones pueden incluir: a) *combinar*, conjuntar dos o más elementos de información para crear un nuevo material resultante, b) *dividir*, refiriéndose este término a la partición operativa de determinado material informativo en dos o más elementos de información, c) *ordenar*, organizar la información en un orden específico y, finalmente, d) *representar*, que se refiere al cambio en la forma en que se representa la información.

Transferencia. Es la capacidad de transferir información de la memoria de trabajo a la memoria a largo plazo. La memoria a largo plazo tiene una capacidad conceptualmente ilimitada, porque aunque tiene límites físicamente finitos, puede transformarse dinámicamente, es decir, incorporar modificaciones que actuarían como información novedosa a todo lo largo de la vida.

Además de estos procesos cognitivos, Cowan (2017) también considera que hay otros procesos implicados como la inhibición y la flexibilidad, ya que al estar relacionados con la atención, se consideran también importantes en la MT. Todos estos procesos mencionados son necesarios para realizar tareas complejas que requieren un alto nivel de atención y concentración, como por ejemplo, hacer una compra y verificar que el cambio recibido por el cajero es correcto, también para mantener una conversación coherente con otra persona, para comprender textos, entre otras muchas actividades de la vida diaria.

Interacción entre Atención y Memoria de Trabajo

Resulta un tanto obvio asumir que la atención es primordial en el proceso de codificación en memoria de trabajo. Esta idea se reconoce desde hace mucho tiempo y no es objeto de discusión. Se ha considerado que la atención actúa como una “puerta de entrada” a la información que se procesará en memoria de trabajo (Fougnie, 2008). En otras palabras, la atención es un mecanismo para seleccionar y priorizar representaciones (“huellas” o “constructo” en memoria), puesto que mantener un set de representaciones en memoria de trabajo significa seleccionarlás de entre todas las representaciones posibles de acuerdo a nuestros objetivos y tenerlas disponibles para las operaciones cognitivas posteriores (Oberauer, 2019). Cuando vemos, por ejemplo, el símbolo que representa la marca comercial “Apple”, se activan todas las representaciones mentales que tenemos almacenadas y que son reconocibles como “manzana”. Solo la experiencia y el conocimiento de que este logo representa los productos de una compañía comercial nos permite distinguirlo del dibujo de la fruta que conocemos. Es por ello que esta interacción requiere de la habilidad de ejercer un control *top-down* sobre la información que se seleccionará (Awh et al., 2006). Justamente, se han utilizado los términos de *control atencional* o *atención ejecutiva* para referirse específicamente a la atención que se dirige a nuestros propios objetivos y acciones, incluyendo la selección de una respuesta (Szmalec et al., 2005). Es decir, la atención ejecutiva pone en marcha y controla la inhibición de las distracciones (tanto internas como externas) para proteger el objetivo de la tarea que estemos llevando a cabo en determinado momento, pero también permite hacer cambios entre una tarea y otra si fuera necesario (Oberauer, 2019). La atención ejecutiva es un mecanismo completamente *top-down*, por tanto, es voluntario y ayuda al individuo a desconectar la atención del foco actual, orientar la atención a un nuevo estímulo y modular selectivamente estímulos

entrantes de acuerdo a nuestros objetivos, por lo que resulta relevante para el procesamiento de la memoria de trabajo, principalmente para el mantenimiento de la información, así como la manipulación y actualización de ésta (Engle, 2018; Hopfinger et al., 2000).

De acuerdo con lo anterior, podemos hablar de dos mecanismos por los que la atención y memoria de trabajo interactúan. El primero se refiere a la atención como proceso para seleccionar información. La información puede seleccionarse desde la percepción (estímulos externos) o desde la memoria a largo plazo (información previa del individuo). En el primer caso, los estímulos que se sabe desde el inicio que son irrelevantes, se pueden filtrar eficazmente (Baddeley et al., 1993). Por otro lado, para que el sistema de memoria de trabajo funcione adecuadamente, tiene que extraer información de la memoria a largo plazo, seleccionando solo la información que es relevante para la tarea que está llevando a cabo (Oberauer, 2009).

El segundo mecanismo se trata del control atencional o *atención ejecutiva*, el cual resulta relevante para lograr mantener la información que se ha seleccionado previamente mientras se necesite, pero también para removerla cuando ya no se requiera y actualizarla, ya que no siempre es necesario remover todo el material, sino solo actualizar la información o una parte de ella. Además, también tenemos la capacidad de seleccionar items individuales dentro de un set de información que está procesándose en memoria de trabajo en ese momento. Esta capacidad de selección “en línea” es el foco de atención en memoria de trabajo, que según la variabilidad individual o el uso de diferentes estrategias, podría incluir más de un solo item dentro de un set de información (ver Oberauer, 2013 para una revisión más extensa). Este foco de atención en memoria de trabajo, tal como propone Cowan (1988) en su modelo, es el encargado de dirigir los recursos hacia items individuales o hacia un subconjunto específico y seleccionarlos para manipularlos o usarlos como entrada para operaciones cognitivas posteriores.

Consideraciones Finales

Si bien es cierto que existen numerosos estudios en la literatura sobre la atención y memoria de trabajo y se ha logrado un amplio conocimiento en estos tópicos, muchas cuestiones permanecen sin dilucidar como el beneficio potencial de entrenar la memoria de trabajo, la interacción neural entre las redes “atencionales” y las de control, entre muchas otras. La relación entre atención y memoria de trabajo es multifacética y difícil de abordar, ya que en la realidad resultan ser fenómenos indisolubles y sobrelapados en el dominio del tiempo. No obstante, en el presente texto hemos intentado revisar las principales y más comunes definiciones de la atención y la memoria de trabajo, sus procesos componentes y bases neurofisiológicas más relevantes y actualmente consolidadas en la literatura. Podemos concluir que tanto la atención como la memoria de trabajo resultan procesos cognitivos estrechamente relacionados y que son fundamentales para realizar actividades cotidianas. No hacemos énfasis en aspectos principales de la expresión de estos procesos como el contexto y demandas ambientales, las diferencias individuales, las diferencias debidas al sexo, entre otras, pero sí en que ambas son imprescindibles para ejecutar tareas cognitivas cotidianas. Tampoco hemos abordado aspectos clínicos en casos como alteración de estos procesos durante el neurodesarrollo, en caso de lesión cerebral o del deterioro cognitivo asociado al envejecimiento. Sin embargo, es importante resaltar la importancia de que estos procesos funcionen de manera típica por su papel en el aprendizaje y la integración plena del individuo en la sociedad.

Referencias

- Alves, P. N., Forkel, S. J., Corbetta, M., y Thiebaut de Schotten, M. (2022). The subcortical and neurochemical organization of the ventral and dorsal attention networks. *Communications Biology*, 5(1), 1343. <https://doi.org/10.1038/s42003-022-04281-0>
- Amemiya, K., Naito, E., y Takemura, H. (2021). Age dependency and lateralization in the three branches of the human superior longitudinal fasciculus. *Cortex*, 139, 116–133. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2021.02.027>
- Atkinson, R. C., y Shiffrin, R. M. (1968). Human Memory: A proposed system and its control processes. En K. W. Spence y J. T. Spence (Eds.), *Psychology of learning and motivation* (Vol. 2, pp. 89–195). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60422-3](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60422-3)
- Awh, E., Vogel, E. K., y Oh, S.-H. (2006). Interactions between attention and working memory. *Neuroscience*, 139, 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2005.08.023>
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417–423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Baddeley, A. (2010). Working memory. *Current Biology*, 20(4), 136–140. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.12.014>
- Baddeley, A. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, 63, 1–29. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100422>
- Baddeley, A. D., y Hitch, G. (1974). Working Memory. En G. H. Bower (Ed.), *Psychology of learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47–89). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Baddeley, A. D., Hitch, G. J., y Allen, R. J. (2018). From short-term store to multicomponent working memory: The role of the modal model. *Memory and Cognition*, 47, 575–588. <https://doi.org/10.3758/s13421-018-0878-5>
- Baddeley, A. D., Hitch, G. J., y Allen, R. J. (2019). From short-term store to multicomponent working memory: The role of the modal model. *Memory & Cognition*, 47(4), 575–588. <https://doi.org/10.3758/s13421-018-0878-5>
- Baddeley, A. D., y Logie, R. H. (1999). Working memory: The multiple-component model. En A. Miyake y P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 28–61). Cambridge University Press.
- Baddeley, A. D., Papagno, C., y Andrade, J. (1993). The sandwich effect: The role of attentional factors in serial recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 19, 862–870. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.19.4.862>
- Brissenden, J. A., y Somers, D. C. (2019). Cortico–cerebellar networks for visual attention and working memory. *Current Opinion in Psychology*, 29, 239–247. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2019.05.003>
- Busch, N. A., Dubois, J., y VanRullen, R. (2009). The phase of ongoing EEG oscillations predicts visual perception. *Journal of Neuroscience*, 29, 7869–7876. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0113-09.2009>
- Chai, W. J., Abd Hamid, A. I., y Abdullah J. M. (2018). Working memory from the psychological and neurosciences perspectives: A review. *Frontiers in Psychology*, 9, 401. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00401>

- Corbetta, M., Patel, G., y Shulman, G. L. (2008). The reorienting system of the human brain: From environment to theory of mind. *Neuron*, 58, 306–324. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2008.04.017>
- Corbetta, M., y Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 3, 201–215. <https://doi.org/10.1038/nrn755>.
- Cowan, N. (1988). Evolving conceptions of memory storage, selective attention, and their mutual constraints within the human information processing system. *Psychological Bulletin*, 104, 163–191. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.104.2.163>
- Cowan, N. (1999). An embedded-processes model of working memory. En A. Miyake y P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 62–101). Cambridge University Press.
- Cowan, N. (2005). *Working memory capacity*. Psychology Press. <https://psycnet.apa.org/doi/10.4324/9780203342398>
- Cowan, N. (2014). Working memory underpins cognitive development, learning, and education. *Educational Psychology Review*, 26(2), 197–223. <https://doi.org/10.1007/s10648-013-9246-y>
- Cowan, N. (2017). The many faces of working memory and short-term storage. *Psychonomic Bulletin & Review*, 24, 1158–1170. <https://doi.org/10.3758/s13423-016-1191-6>
- Cowan, N., Morey, C. C., y Neveh-Benjamin, M. (2021). An embedded-processes approach to working memory. En R. Logie, V. Camos, y N. Cowan (Eds.), *Working memory. State of the science* (pp. 44–84). Oxford University Press.
- Cristofori, I., y Levin, H. S. (2015). Traumatic brain injury and cognition. En J. Grafman y A. M. Salazar (Eds.), *Handbook of clinical neurology* (Vol. 128 (3rd series) Part II). Elsevier B.V.
- Curtis, C. E., y D'Esposito, M. (2003). Persistent activity in the prefrontal cortex during working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(9), 415–423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(03\)00197-9](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(03)00197-9)
- D'Esposito, M., y Postle, B. R. (2015). The cognitive neuroscience of working memory. *Annual Review of Psychology*, 66(1), 115–142. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015031>
- Dajani, D. R., y Uddin, L. Q. (2015). Demystifying cognitive flexibility: Implications for clinical and developmental neuroscience. *Trends in Neurosciences* 38(9), 571–578. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2015.07.003>
- Davies, D. R., y Parasuraman, R. (1982). *The psychology of vigilance*. Academic Press.
- Downar, J., Crawley, A. P., Mikulis, D. J., y Davis, K. D. (2000). A multimodal cortical network for the detection of changes in the sensory environment. *Nature Neuroscience*, 3, 277–283. <https://doi.org/10.1038/72991>
- Eimer, M., Nattkemper, D., Schröger, E., y Prinz, W. (1996). Involuntary attention. En O. Neumann y A. F. Sanders (Eds.), *Handbook of perception and action*, (Vol. 3, pp. 155–184). Academic Press.
- Engle, R. W. (2018). Working memory and executive attention: A revisit. *Perspectives on Psychological Science*, 13(2), 190–193. <https://doi.org/10.1177/1745691617720478>
- Flenry, M. J., y Obleser, J. (2012). Frequency modulation entrains slow neural oscillations and optimizes human listening behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences*

- of the United States of America, 109(49), 20095–20100. <https://doi.org/10.1073/pnas.1213390109>
- Fougnie, D. (2008). The relationship between attention and working memory. En N. B. Johansen (Ed.), *New research on short-term memory* (pp. 1-45). Nova Science Publishers, Inc.
- Friedman, D., Cycowicz, Y. M., y Gaeta, H. (2001). The novelty P3: An event-related brain potential (ERP) sign of the brain's evaluation of novelty. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 25(4), 355–373. [https://doi.org/10.1016/s0149-7634\(01\)00019-7](https://doi.org/10.1016/s0149-7634(01)00019-7)
- Funahashi, S., Bruce, C. J., y Goldman-Rakic, P. S. (1989). Mnemonic coding of visual space in the monkey's dorsolateral prefrontal cortex. *Journal of Neurophysiology*, 61(2). <https://doi.org/10.1152/jn.1989.61.2.331>
- Gallen, C. L., Schaerlaeken, S., Younger, J. W., Project iLEAD Consortium, Anguera, J. A., y Gazzaley, A. (2023). Contribution of sustained attention abilities to real-world academic skills in children. *Scientific Reports*, 13, 2673. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29427-w>
- Helfrich, R. F., Breska, A., y Knight, R. T. (2019). Neural entrainment and network resonance in support of top-down guided attention. *Current Opinion in Psychology*, 29, 82-89. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2018.12.016>
- Hennawy, M., Sabovich, S., Liu, C. S., Herrmann, N., y Lanctôt, K. L. (2019). Sleep and attention in Alzheimer's Disease. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 92(1), 53–61.
- Hommel, B., Chapman, C. S., Cisek, P., Neyedli, H. F., Song, J.-H., y Welsh, T. N. (2019). No one knows what attention is. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 81, 2288–2303. <https://doi.org/10.3758/s13414-019-01846-w>
- Hopfinger, J. B., Buonocore, M. H., y Mangun, G. R. (2000). The neural mechanisms of top-down attentional control. *Nature Neuroscience*, 3, 284-291. <https://doi.org/10.1038/72999>
- Janelle, F., Iorio-Morin, C., D'amour, S., y Fortin D. (2022). Superior longitudinal fasciculus: A review of the anatomical descriptions with functional correlates. *Frontiers in Neurology*, 13, 794618. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.794618>
- Johnson, E. L., Dewar, C. D., Solbakk, A-K., Endestad, T., Meling, T. R., y Knight, R. T. (2017). Bidirectional frontoparietal oscillatory systems support working memory. *Current Biology*, 27, 1829-1835. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.05.046>
- Lindsley, D. B. (1988). Activation, arousal, alertness, and attention. En J. A. Hobson (Ed.), *States of Brain and Mind. Readings from the Encyclopedia of Neuroscience* (pp. 1-3). Birkhäuser. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-6771-8_1
- Ling, S., y Carrasco, M. (2006). When sustained attention impairs perception. *Nature Neuroscience*, 9(10), 1243–1245. <https://doi.org/10.1038/nn1761>
- Logie, R. H. (2003). Spatial and visual working memory: A mental workspace. En D.E. Irwing y B. H. Ross (Eds.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 42, pp. 37–78). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(03\)01002-8](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(03)01002-8)
- Mathewson, K. E., Gratton, G., Fabiani, M., Beck, D. M., y Ro, T. (2009). To see or not to see: Prestimulus alpha phase predicts visual awareness. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 29(9), 2725–2732. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3963-08.2009>

- Moore, A. B., Li, Z., Tyner, C. E., Hu, X., y Crosson, B. (2013). Bilateral basal ganglia activity in verbal working memory. *Brain and Language*, 125(3), 316–323. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2012.05.003>
- Muller, H. J., y Rabbitt, P. M. (1989). Reflexive and voluntary orienting of visual attention: Time course of activation and resistance to interruption. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 15(2), 315–330. <https://doi.org/10.1037//0096-1523.15.2.315>
- Murphy, D. H., y Castel, A. D. (2023). Responsible attention: The effect of divided attention on metacognition and responsible remembering. *Psychological Research*, 87, 1085–1100. <https://doi.org/10.1007/s00426-022-01711-w>
- Murphy, G., Groeger, J. A., y Greene, C. M. (2016). Twenty years of load theory – Where are we now, and where should we go next? *Psychonomics Bulletin and Review*, 23(5), 1316–1340. <https://doi.org/10.3758/s13423-015-0982-5>
- Nebes, R. D., y Brady, C. B. (1993). Phasic and tonic alertness in Alzheimer's disease. *Cortex*, 29(1), 77–90. [https://doi.org/10.1016/s0010-9452\(13\)80213-4](https://doi.org/10.1016/s0010-9452(13)80213-4)
- Nieder, A. (2022). In search for consciousness in animals: Using working memory and voluntary attention as behavioral indicators. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 142, 104865. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104865>
- Nyberg, L. (2018). Cognitive control in the prefrontal cortex: A central or distributed executive? *Scandinavian Journal of Psychology*, 59(1), 62–65. <https://doi.org/10.1111/sjop.12409>
- Oberauer, K. (2009). Design for a working memory. En D. E. Irwing, y B. H. Ross (Eds.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 51, pp. 45–100). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(09\)51002-X](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(09)51002-X)
- Oberauer, K. (2013). The focus of attention in working memory – from metaphors to mechanisms. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00673>
- Oberauer, K. (2019). Working memory and attention – a conceptual analysis and review. *Journal of Cognition*, 2(1), 36. <https://doi.org/10.5334/joc.58>
- Paneri, S., y Gregoriou, G. G. (2017). Top-down control of visual attention by the prefrontal cortex. Functional specialization and long-range interactions. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 545. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00545>
- Petersen, S. V., y Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual Review of Neuroscience*, 35, 73–89. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-062111-150525>
- Pollmann, S., y Schneider, W. X. (2022). Working memory and active sampling of the environment: Medial temporal contributions. *Handbook of Clinical Neurology*, 187, 339–357. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823493-8.00029-8>
- Posner, M., y Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. *Attention and Performance*, 32, 531–556.
- Posner, M., y Petersen, S. (1990). The attentional system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25–42. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325>
- Power, J. D., Fair, D. A., Schlaggar, B. L., y Petersen, S. E. (2010). The development of human functional brain networks. *Neuron*, 67, 735–748. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2010.08.017>

- Proskovec, A. L., Heinrichs-Graham, E., Wiesman, A. I., McDermott, T. J., y Wilson, T. W. (2018). Oscillatory dynamics in the dorsal and ventral attention networks during the reorienting of attention. *Human Brain Mapping*, 39(5), 2177–2190. <https://doi.org/10.1002/hbm.23997>
- Ranganath, C., y Rainer, G. (2003). Neural mechanisms for detecting and remembering novel events. *Nature Reviews Neuroscience*, 4, 193–202. <https://doi.org/10.1038/nrn1052>
- Riley, M. R. y Constantinidis, C. (2016). Role of prefrontal persistent activity in working memory. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 9, 181. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2015.00181>
- Rogers, B. (2017). *Perception. A very short Introduction*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/actrade/9780198791003.001.0001>
- Sohlberg, M. M., y Mateer, C. A. (1987). Effectiveness of an attention-training program. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 9(2), 117-130. <https://doi.org/10.1080/01688638708405352>
- Sokolov, E. N. (1963). *Perception and the conditioned reflex*. Macmillan.
- Solís-Vivanco, R., Jensen, O., y Bonnefond, M. (2021). New insights on the ventral attention network: Active suppression and involuntary recruitment during a bimodal task. *Human Brain Mapping*, 42(6), 1699–1713. <https://doi.org/10.1002/hbm.25322>
- Szmalec, A., Vandierendonck, A., y Kemps, E. (2005). Response selection involves executive control: Evidence from the selective interference paradigm. *Memory & Cognition*, 33, 531–541. <https://doi.org/10.3758/BF03193069>
- Tiego, J., Testa, R., Bellgrove, M. A., Pantelis, C., y Whittle, S. (2018). A hierarchical model of inhibitory control. *Frontiers in Psychology* 9, 1339. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01339>
- van den Heuvel, M. P., y Hulshoff Pol, H. E. (2011). Exploración de la red cerebral: Una revision de la conectividad funcional en la RMf en estado de reposo. *Psiquiatría Biológica*, 18(1), 28-41. <https://doi.org/10.1016/j.psiq.2011.05.001>
- Wickelgren, I. (1997). Getting a grasp on working memory. *Science*, 275(5306), 1580–1582. <https://doi.org/10.1126/science.275.5306.1580>



Cambios en el Control Inhibitorio y el EEG Derivados de una Intervención Cognitivo Conductual Basada en Atención Plena en Adolescentes con Abuso Sexual

Araceli Sanz-Martin¹, Rebeca Cuan-Corral¹; Arturo Ron-Grajales² y Sofia Preciado-Mercado¹

¹Laboratorio de Estrés y Neurodesarrollo, Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.

²CETYS Universidad, Campus Ensenada. Ensenada, Baja California, México.

Nota de Autor

Araceli Sanz-Martin  <https://orcid.org/0000-0003-2976-8905>

Sofia Preciado Mercado  <https://orcid.org/0000-0001-5139-4028>

Agradecimientos a Alejandro Peña Valdez por su participación en la revisión del presente manuscrito. Este estudio fue financiado por CONACYT con el proyecto CF-263377.

Correspondencia relacionada a este artículo deberá dirigirse a Araceli Sanz-Martin. Laboratorio de Estrés y Neurodesarrollo. Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Francisco de Quevedo #180, Col. Arcos Vallarta, CP 44130. Guadalajara, Jalisco, México. Teléfono: (+52) 3337771150, ext. 33365. Correo electrónico: araceli.sanz@academicos.udg.mx

Resumen

El abuso sexual infantil (ASI) se asocia con psicopatología, deficiencias en el control inhibitorio y la regulación emocional y anormalidades en la actividad eléctrica cerebral (EEG). La atención plena es efectiva para disminuir la sintomatología del trastorno de estrés postraumático (TEPT), mejorar el control inhibitorio y la autorregulación, y genera cambios en el EEG. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de un programa cognitivo conductual basado en atención plena (PCCBAP) en el control inhibitorio con estímulos emocionales, la sintomatología de TEPT y el EEG en adolescentes con ASI. Participaron 17 adolescentes con ASI en un PCCBAP de 16 sesiones. Se presentaron dos versiones de la tarea Stroop (emocional y neutra), una tarea *Stop Signal* emocional y las sub-escalas de inhibición y control emocional del BRIEF. Se midieron los síntomas de depresión, ansiedad y TEPT y se registró el EEG en reposo y en meditación. Después del PCCBAP mejoró el desempeño en las tareas Stroop y *Stop-signal*, y disminuyeron las puntuaciones de las escalas del BRIEF y los síntomas de TEPT. En el EEG, hubo un descenso generalizado de la potencia absoluta en delta, theta y alfa2, así como una mayor correlación interhemisférica en alfa2 y beta2. Los resultados muestran que el entrenamiento fue efectivo para disminuir los síntomas de TEPT, mejorar la atención, el control inhibitorio y la regulación emocional en adolescentes con ASI. Esto se relaciona con cambios en el EEG que indican mayor vigilancia, alertamiento, menor deambulación mental y estados de mayor tranquilidad.

Palabras clave: abuso sexual infantil, adolescentes, atención plena, control inhibitorio, electroencefalograma, estímulos emocionales, terapia cognitivo conductual

Changes in Inhibitory Control and EEG Derived from a Mindfulness-Based Cognitive Behavioral Intervention in Adolescents with Sexual Abuse

Abstract

Childhood sexual abuse (CSA) is associated with psychopathology, deficits in inhibitory control and emotional regulation, and abnormalities in brain electrical activity (EEG). Mindfulness is effective in reducing the symptoms of post-traumatic stress disorder (PTSD), improving inhibitory control and self-regulation, and generating changes in the EEG. The objective of this study was to determine the effect of a mindfulness-based cognitive behavioral program (PCCBAP) on inhibitory control with emotional stimuli, PTSD symptomatology, and EEG in adolescents with CSA. 17 adolescents with CSA participated in a 16-session PCCBAP. Two versions of the Stroop task (emotional and neutral), an emotional Stop Signal task, and the inhibition and emotional control sub-scales of the BRIEF were presented. Symptoms of depression, anxiety and PTSD were measured and EEG was recorded at rest and during meditation. After the PCCBAP, performance on the Stroop and Stop-signal tasks improved, and scores on the BRIEF scales and PTSD symptoms decreased. In the EEG, there was a general decrease in absolute power in delta, theta and alpha2, as well as a greater interhemispheric correlation in alpha2 and beta2. The results show that the training was effective in decreasing PTSD symptoms, improving attention, inhibitory control, and emotional regulation in adolescents with CSA. This is related to

changes in the EEG that indicate greater vigilance, alertness, less mental wandering, and states of greater calm.

Keywords: childhood sexual abuse, adolescents, inhibitory control, electroencephalogram, emotional stimuli, cognitive behavioral therapy

Cambios en el Control Inhibitorio y el EEG Derivados de una Intervención Cognitivo Conductual Basada en Atención Plena en Adolescentes con Abuso Sexual

En los últimos años ha habido un interés creciente en el estudio del maltrato infantil y otras adversidades tempranas debido a su alta prevalencia (Edwards et al., 2003) y a sus consecuencias a corto y largo plazo (Felitti et al., 2019). Las adversidades en la infancia se han asociado con el desarrollo de diversas enfermedades mentales, como la depresión mayor (Teicher y Khan, 2019), la esquizofrenia (Asmal et al., 2019), el trastorno de estrés postraumático (TEPT) (De Bellis et al., 2002), el trastorno por déficit de atención e hiperactividad (Park et al., 2016), el trastorno bipolar (Stevenson et al., 2018), el trastorno límite de la personalidad (Girard y Morizot, 2023) y el abuso de sustancias (De Bellis et al., 2019). Consecuentemente, el maltrato infantil es considerado la principal causa prevenible de los trastornos psiquiátricos (Edwards et al., 2003).

El abuso sexual infantil (ASI) constituye una forma grave de maltrato con efectos profundos y perdurables en las víctimas, afectando su salud física y mental, y generando consecuencias negativas a largo plazo en su bienestar. El ASI se define como el involucramiento de un menor en actividades sexuales que él no puede comprender y para las cuales no está preparado y por tanto, no puede dar su consentimiento (Kellogg y American Academy of Pediatrics Committee on Child Abuse and Neglect, 2005). En esta forma de violencia, el abusador se aprovecha de su superioridad sobre el menor debido a una asimetría en la edad, el poder, el conocimiento o la gratificación.

Se estima que la prevalencia del ASI oscila entre el 10% y el 20% en niñas, y es menor al 10% en varones, si bien los datos pueden estar sub registrados (Ludwig, 2001), las niñas preadolescentes tienen mayor riesgo de ser abusadas sexualmente, siendo frecuentes los casos perpetrados por familiares o conocidos (Anderson et al., 1993).

El ASI tiene efectos que trascienden las consecuencias inmediatas, manifestándose a corto, mediano y largo plazo, incluyendo impactos preocupantes en el desarrollo cerebral (Teicher y Khan, 2019). Se ha sugerido que la exposición al maltrato en niños y adolescentes está asociada con un retraso en la maduración de los circuitos cerebrales relacionados con el procesamiento emocional (Keding et al., 2021). Aunque la investigación específica en víctimas de ASI es limitada, estudios en individuos que han experimentado diversos tipos de maltrato infantil han revelado alteraciones en la estructura de varias regiones cerebrales, como las cortezas prefrontal, temporal y parietal, el cíngulo anterior, el hipocampo, la amígdala y el cerebelo, así como en la conectividad entre regiones corticales y estructuras que conforman el sistema límbico (Teicher et al., 2016). Por ejemplo, se ha observado una disminución en la integridad del cuerpo calloso, los fascículos arqueado, longitudinal inferior izquierdo, longitudinal superior y uncinado, así como el haz del cíngulo y el fórnix en víctimas de maltrato infantil (Benedetti et al., 2014; Choi et al., 2009, 2012; De Bellis et al., 1999; De Bellis y Kuchibhatla, 2006; Eluvathingal et al., 2006; Teicher et al., 2010).

Aunado a las anomalías anatómicas, se han reportado cambios funcionales en la activación y conectividad cerebral en víctimas de maltrato infantil. Por ejemplo, en estudios con resonancia magnética funcional (RMf) se ha encontrado una correlación positiva entre la activación de la amígdala ante estímulos tristes y la puntuación en la escala de trauma infantil CTQ (Dannlowski et al., 2012). Además, la activación de la amígdala ante estímulos aversivos

está reducida en adultos maltratados en la infancia y exacerbada en aquéllos que fueron maltratados después de la pubertad (Zhu et al., 2019). Los adolescentes con antecedentes de maltrato tienen menor conectividad entre el hipocampo y la región subgenual del cíngulo, y las mujeres con este antecedente muestran una menor conectividad entre la amígdala y esta región del cíngulo (Herringa et al., 2013).

Además de la RMf, otra técnica utilizada para examinar los efectos del maltrato infantil en el funcionamiento del cerebro es el electroencefalograma (EEG). Este método permite registrar y analizar la actividad eléctrica cerebral, la cual se genera principalmente a partir de la combinación de potenciales postsinápticos excitatorios e inhibitorios producidos por las neuronas piramidales corticales localizadas en las capas 3, 5 y 6 de la corteza cerebral (Feyissa y Tatum, 2019). La señal EEG puede descomponerse en bandas de frecuencia: delta (0.2 a 3.5 Hz), theta (4 a 7.5 Hz), alfa (8 a 13 Hz), beta 14 a 30 Hz) y gamma (30 a 90 Hz) (Lopes da Silva, 2013). Esta señal puede analizarse matemáticamente de distintas maneras para obtener parámetros como la potencia absoluta (PA) y la correlación o coherencia. La primera es la amplitud al cuadrado en una banda de frecuencia determinada (Huberty et al., 2021), mientras que las segundas, permiten estimar la conectividad funcional cerebral (Lee y Hsieh, 2014).

Estudios con EEG en niños y adolescentes con maltrato infantil han reportado diferencias en el EEG en comparación con menores sin este antecedente estresante. Por ejemplo, se han observado anomalías en las regiones frontales y temporales izquierdas, así como síntomas de "irritabilidad límbica" similar a la epilepsia del lóbulo temporal en niños maltratados (Ito et al., 1992; Teicher et al., 1993). Miskovic et al. (2009) encontraron que mujeres jóvenes con antecedentes de abuso sexual o físico presentaban una mayor actividad relativa en el lóbulo frontal derecho, la cual se asocia con emociones negativas que promueven las conductas de evitación. De manera semejante, Meiers et al. (2020) encontraron que la asimetría derecha de alfa se asoció con los síntomas de trauma generados por maltrato y los problemas de conducta en adolescentes de 12 a 14 años.

Otros estudios han revelado que niños con historial de maltrato o institucionalización temprana muestran una mayor actividad en la banda theta y menor actividad en las bandas alfa, beta y gamma en estado de reposo, sugiriendo inmadurez cortical (Harmony et al., 1990; Luna Herrera, 2017; Marshall et al., 2004; Xia et al., 2023). Además, se ha observado una mayor coherencia en el hemisferio izquierdo en la banda alfa en niños y adolescentes víctimas de abuso, lo que indica posibles deficiencias en la especialización funcional de las regiones corticales de este hemisferio (Ito et al., 1992; Miskovic et al., 2010).

Por otro lado, estudios con niñas víctimas de ASI han mostrado menor coherencia interhemisférica a nivel frontal y centro-parietal en reposo (Miskovic et al., 2010), así como una mayor correlación fronto-parietal en ambos hemisferios cerebrales durante una tarea de memoria de trabajo, lo que sugiere un mayor esfuerzo cognitivo (Sanz-Martin y Calderón-Zepeda, 2016). De igual manera, se ha reportado una menor correlación inter-temporal durante la ejecución de una tarea de memoria de trabajo con estímulos emocionales (Sanz-Martin y Calderón-Zepeda, 2016).

Las alteraciones neurobiológicas antes mencionadas se relacionan con deficiencias en distintos dominios cognitivos, particularmente, el control inhibitorio el cual es un conjunto de procesos que permiten inhibir o controlar de forma deliberada conductas, respuestas o

pensamientos automáticos cuando la situación así lo requiere, lo cual posibilita la flexibilidad del comportamiento, la conducta adaptativa y dirigida a metas (Verbruggen et al., 2008).

El control inhibitorio se caracteriza por ser llevado a cabo de manera voluntaria y orientada hacia un objetivo específico (Aron, 2007). Dentro de este concepto, se pueden identificar principalmente dos tipos: el control de interferencia y el control de la conducta. Siendo el primero la habilidad para resistir a la interferencia de información irrelevante durante la resolución de tareas, mientras el segundo implica la supresión de conductas preponderantes, no deseadas y automáticas (Nigg, 2000).

Las deficiencias en el control inhibitorio suelen denotar dificultades para mantener la atención y resistir distracciones, así como incapacidad para regular las conductas impulsivas, lo que puede tener repercusiones en áreas como la toma de decisiones, el autocontrol emocional y la gestión de comportamientos socialmente adecuados (Bari y Robbins, 2013; Cardinale et al., 2019; Fosco et al., 2019; Nigg, 2000; Xu et al., 2020).

Estudios señalan que individuos que han sufrido ASI muestran dificultades en el control de interferencia, evidenciado por un rendimiento inferior en tareas como la Stroop (Barrera et al., 2013; Beers y De Bellis, 2002; Bremner et al., 2004; Caparos y Blanchette, 2014; Freeman y Beck, 2000; Iftikhar y Tariq, 2022; Sanz-Martin et al., 2019). Además, también presentan un desempeño inferior en tareas de control inhibitorio conductual como la *Stop-signal*, *Go/No-go* y antisacadas (Mueller et al., 2010; Navalta et al., 1992; Sanz-Martin et al., 2019). El control inhibitorio se ve especialmente comprometido ante estímulos emocionales negativos en individuos con historial de abuso infantil (Sætren et al., 2021). Las deficiencias en el control inhibitorio pueden impactar negativamente en diversas áreas de la vida, como el rendimiento académico, laboral y las relaciones personales (Denson et al., 2011; Diamond, 2013; Privitera et al., 2023; Ramos Galarza et al., 2020).

Considerando que el desarrollo cerebral y cognitivo continúa hasta la adultez temprana y está influenciado por la experiencia y la interacción con el entorno, la implementación de programas dirigidos a fortalecer el control inhibitorio y mejorar las habilidades de autorregulación pueden tener un impacto positivo en individuos que han experimentado abuso en su infancia. En los últimos años, un creciente cuerpo de trabajos ha demostrado que intervenciones basadas en atención plena conducen a una serie de resultados psicológicos positivos, como la mejora del rendimiento cognitivo y la regulación emocional, incluso a cambios plásticos en el cerebro.

La atención plena, en inglés conocida como *mindfulness*, es una práctica meditativa que fomenta la conciencia del momento presente, sin juicios y con curiosidad, buscando mantener la atención momento a momento para promover el bienestar y el equilibrio emocional (Ludwig y Kabat-Zinn, 2008).

Diversas investigaciones han demostrado que la práctica de la atención plena puede mejorar el control inhibitorio (Ron-Grajales et al., 2021) y la regulación emocional ante estímulos desagradables (Kral et al., 2018; Tang et al., 2013). Esta mejoría puede relacionarse con la estimulación que hace dicha sobre el sistema de control cerebral de “arriba hacia abajo”, mejor conocido en inglés como *Top-Down*, lo que favorece procesos de regulación emocional y promueve conductas de acercamiento que normalmente involucran emociones positivas (Chiesa et al., 2013). Además, ciertas prácticas, como el escaneo corporal, inciden en la regulación de emociones facilitando el procesamiento del sistema cerebral de abajo hacia arriba, o *bottom-up* en inglés (Chiesa et al., 2013).

Los efectos antes mencionados se producen mediante la modificación de estructuras y circuitos cerebrales asociados con el control inhibitorio y la regulación emocional, como el aumento de la materia gris en la circunvolución frontal inferior (Dodich et al., 2019) y la mayor actividad de la corteza cingulada anterior, la prefrontal medial y la circunvolución frontal inferior (Tang et al., 2013). Asimismo, la práctica de la atención plena aumenta la conectividad funcional entre la amígdala y la corteza prefrontal ventromedial durante el procesamiento de imágenes afectivas (Kral et al., 2018), y entre la corteza cingulada anterior y el cuerpo estriado, que son importantes en la regulación de la atención (Stave et al., 2017; Tang et al., 2010).

Investigaciones que han empleado el EEG para estudiar la meditación han documentado múltiples efectos de esta práctica en la actividad eléctrica cerebral. Algunos estudios se centran en cómo varía la actividad EEG durante la meditación, mientras que otros exploran los cambios a lo largo del tiempo asociados con la experiencia meditativa. Por ejemplo, diversos trabajos han descrito de manera consistente un incremento en la potencia absoluta de las bandas theta y alfa en derivaciones frontales, centrales, parietales y occipitales en estado meditativo (Bing-Canar et al., 2016; Lee et al., 2018; Lomas et al., 2015; Travis, 2001). De igual manera, en este estado hay un incremento en la coherencia intra e interhemisférica y en la sincronía entre regiones frontales y occipito-parietales en el rango alfa en meditadores novatos y expertos (Bajjal y Srinivasan, 2010; Cahn y Polich, 2006; Hebert et al., 2005).

Además, varios estudios han explorado los efectos de un entrenamiento basado en meditación sobre el EEG. Por ejemplo, Stapleton et al. (2020) encontraron en participantes adultos que después de un breve taller de tres días de meditación, la potencia absoluta en las bandas theta, alfa, beta y gamma aumentaron, mientras que, la potencia en delta disminuyó. También, se ha reportado un aumento en la potencia de alfa en regiones frontales después del programa de reducción del estrés basado en atención plena de ocho semanas en jóvenes universitarios con ansiedad y depresión (Morais et al., 2021). En otro estudio, se observó que un entrenamiento en meditación con duración de 4 semanas incrementó la potencia de theta en regiones frontales y parietales durante la ejecución de una tarea cognitiva (Nyhus et al., 2019). Tomando en cuenta la relevancia del ritmo theta en el procesamiento cognitivo, se ha propuesto que los patrones del ritmo theta asociados a las prácticas meditativas pudieran relacionarse con la mejora en procesos atencionales y/o ejecutivos (Lee et al., 2018).

El entrenamiento en atención plena también produce un incremento en la coherencia interhemisférica entre regiones frontales y parietales en adolescentes (Do et al., 2023), así como un incremento en la activación relativa en áreas frontales izquierdas en adultos sanos (Davidson et al., 2003) y en adultos con antecedentes de depresión (Barnhofer et al., 2010).

Aunque aún no hay investigaciones que analicen específicamente las intervenciones de atención plena en niños y adolescentes que han sufrido abuso sexual, algunos estudios sugieren que la práctica de estas técnicas podría ayudar a aliviar ciertos síntomas relacionados con el TEPT, el cual es comúnmente reportado en estos grupos. Por ejemplo, se ha planteado que la atención plena podría disminuir la respuesta excesiva ante estímulos que podrían no ser intrínsecamente dañinos pero que están asociados con la experiencia traumática (Kummar et al., 2019).

Además de todos los beneficios antes mencionados, las intervenciones basadas en atención plena son costo-eficientes ya que pueden aplicarse grupalmente con poco equipo y

permiten la continuidad de la práctica de forma individual, por lo que pueden implementarse con facilidad en niños y adolescentes institucionalizados.

Por todo lo mencionado hasta ahora, se realizó este estudio con el objetivo de examinar los cambios en el control inhibitorio con estímulos emocionales y neutros, los síntomas de depresión, ansiedad y TEPT, y la actividad EEG después de un programa cognitivo conductual basado en atención plena (PCCBAP) en adolescentes con historial de ASI. Hipotetizamos que el entrenamiento en dicho programa mejorará el control inhibitorio, aun en presencia de estímulos emocionales y fomentará la autorregulación en adolescentes que han sufrido ASI. Además, consideramos que el entrenamiento inducirá un incremento en las potencias absolutas de alfa y theta en áreas frontales, así como mayor correlación interhemisférica tanto en reposo como durante la meditación.

Método

Participantes

Se evaluaron 17 adolescentes diestros (8 mujeres y 9 hombres) de 12 a 17 años, los cuales tenían antecedentes de ASI y otros tipos de maltrato, residían en casas hogar y no contaban con experiencia previa de meditación. Se incluyeron participantes que hubieran vivido ASI hacía por lo menos seis meses atrás, tuvieran un cociente intelectual estimado (CI-E) mayor a 70 de acuerdo a la forma breve del WISC-IV-R (Wechsler, 2005) (Tabla 1), estuvieran cursando un grado académico acorde con su edad o máximo un año de retraso, no tuvieran problemas de aprendizaje ni diagnóstico de trastorno por déficit de atención y no hubieran consumido alcohol o una otra sustancia de abuso en los últimos 6 meses. Los participantes, además del ASI habían vivido algunas otras adversidades tempranas dentro y fuera de su familia (Anexo A). Estos criterios fueron corroborados en los expedientes institucionales y a través de entrevistas con los psicólogos o cuidadores institucionales. El procedimiento empleado fue aprobado por el Comité de Ética del Instituto de Neurociencias (registros ET022019-277 y ET012020-299) de acuerdo a los estándares éticos plasmados en la declaración de Helsinki de 1964. Todos los participantes y sus padres o cuidadores dieron su consentimiento informado antes de iniciar el estudio.

Tabla 1

Características demográficas de los participantes

	Media	Desviación estándar	Frecuencia
Edad	13.56	1.63	
Coeficiente Intelectual Estimado	85.75	26.21	
Adversidades tempranas en el entorno familiar	6.28	1.78	
Adversidades tempranas fuera de la familia	3.28	1.60	
Número de mujeres/hombres			8/9

Instrumentos

Instrumentos Psicológicos

Para seleccionar a los participantes, se aplicó la forma breve del WISC-IV (Wechsler, 2005) y la escala de experiencias adversas en la infancia-adolescentes (CYW ACE-Q) (Burke y Renschler, 2015), el cual es un autoinforme para adolescentes que indaga la presencia de experiencias estresantes en la niñez. El instrumento está integrado por dos secciones, la primera consta de diez preguntas que evalúan la presencia de estresores dentro del núcleo familiar que, a su vez, son las experiencias que pueden indicar mayor riesgo de enfermedad en adultos, por ejemplo, la separación de los padres o tutores, si vivió con alguien que estuviera en prisión o con depresión, así como experiencias de negligencia, abuso físico, emocional y sexual. La segunda sección, está compuesta por nueve preguntas adicionales que evalúan la exposición a factores estresantes de la infancia como vivir en familias de acogida, el acoso o bullying, la pérdida de un padre o tutor debido a la muerte, deportación o migración, trauma médico, exposición de la violencia y discriminación. A través de este instrumento se corroboró que los participantes hubieran vivido abuso sexual infantil.

Adicionalmente, se aplicaron tres escalas clínicas para determinar la presencia y gravedad de los síntomas de trastorno de estrés postraumático (TEPT), depresión y ansiedad. La primera es una escala para niños de TEPT (CPSS) (Bustos et al., 2009) que fue validada en México en 75 niños y adolescentes con abuso sexual y posee valores de alfa de Cronbach entre 0.78 y 0.92. La escala se compone de 17 reactivos tipo Likert y tiene 3 sub-escalas: re-experimentación (5 reactivos), evitación (7 reactivos) y activación (5 reactivos). Esta escala tiene una puntuación mínima de 0 y máxima de 76 y para considerar que la persona evaluada tiene TEPT, se debe obtener tanto una puntuación mayor o igual de 24 como un síntoma de re-experimentación, tres síntomas de evitación y dos síntomas de activación; se considera que los síntomas están presentes cuando los reactivos se puntúan con 3 o 4.

La segunda escala fue el Inventario de Depresión para Niños ([CDI], por sus siglas en inglés) (Kovacs, 2004), el cual consiste en 27 reactivos tipo Likert y posee valores de alfa de Cronbach entre 0.75 y 0.94. Las puntuaciones naturales de esta escala se transforman a puntuaciones T que están en un rango de 32 a 79. Se considera que un niño o adolescente tiene depresión leve cuando su puntuación T es mayor o igual a 63 y depresión severa, cuando es de 71 o más.

El tercer instrumento fue la versión en español de la escala de ansiedad de Spence ([SCAS], por sus siglas en inglés) (Hernández-Guzmán et al., 2010) que fue validada en 554 niños y posee valores de alfa de Cronbach entre .72 y .88. El SCAS se compone de 38 preguntas tipo Likert agrupadas en 6 subescalas (trastorno obsesivo compulsivo, fobia social, pánico-agorafobia, ansiedad de separación, miedo al daño físico y ansiedad generalizada). Las puntuaciones naturales de esta escala son transformadas a puntuaciones T que están en un rango de 40 a 100. Se considera que el niño o adolescente tiene ansiedad cuando obtiene al menos 65 puntos.

Tareas para Evaluar el Control Inhibitorio

Stroop.

Esta tarea evalúa el control de interferencia y en esta investigación se aplicaron dos versiones: una neutra y una emocional. La primera consistió en una lámina integrada por

columnas de seis palabras de nombres de colores. Se pedía al participante que leyera cada palabra excepto aquéllas que estaban subrayadas, en cuyo caso tenían que decir el color de la tinta con que estaba impresa. Se contó el tiempo total (en segundos) y los errores tipo stroop (cuando el participante leía la palabra subrayada y no decía el color con el que está impresa).

La versión emocional incluyó 3 láminas. En la primera se presentaron palabras con contenido emocional (i.e., accidente, golpes, obscuridad, etc) y se pedía al participante que las leyera lo más rápido posible. En la segunda, se mostraban conjuntos de caracteres (letras X) impresas de colores y se debía decir su color. En la tercera, se presentaban nuevamente las palabras emocionales impresas en distintos colores y se debía decir su color. Dichas palabras ya han sido empleadas en investigaciones realizadas por nuestro grupo de trabajo (Sanz-Martin et al., 2018; Sanz-Martin y García-León, 2022) y la prueba como tal fue piloteada con 10 adolescentes antes de ser empleada en esta investigación. Se contó el número de errores Stroop y el tiempo de lectura de la tercera lámina y se calculó el índice de interferencia para el número de errores y el tiempo de lectura con la fórmula:

$$IT = TPE - (TP + TC)/2$$

Donde:

IT= Tiempo de Interferencia

TPE= Tiempo en decir la condición de Palabras Emocionales

TP= Tiempo en decir la condición de Palabra

TC= Tiempo en decir la condición de Color

El índice de interferencia para los errores se extrajo de una manera semejante con la fórmula:

$$EI\ IE = EPE - (EP + EC)/2$$

Donde,

IT= Interferencia en Errores

EPE= Errores en la condición de Palabras Emocionales

EP= Errores en la condición de Palabra

EC= Errores en la condición de Color

Stop Signal.

Esta tarea evalúa la inhibición de la conducta con la adición de estímulos emocionales y está basada en la tarea *Stop-it* diseñada de Verbruggen (Verbruggen y De Houwer, 2007; Verbruggen et al., 2008). La tarea se integró por dos tipos de ensayos: los *Go* y los *Stop*. En ambos se presentaban fotografías en blanco y negro de hombres y mujeres con expresiones faciales neutras y de miedo, alegría y enojo con resolución de 640 x 480 píxeles. En los ensayos *Go* los participantes debían oprimir la tecla M en un teclado cuando aparecían rostros femeninos y la tecla Z ante rostros masculinos. Sin embargo, en el 25% de los ensayos, inmediatamente después de las fotografías, se presentaba un sonido y esto indicaba que no debían responder; estos eran los ensayos *Stop*. La latencia de la señal de parada (sonido) iniciaba en 150 ms, pero si se lograba detener la respuesta, la latencia de la siguiente señal se incrementaba 50 ms., haciendo más difícil la acción de no responder. Por el contrario, si el participante erraba no

deteniendo su respuesta, la latencia de la siguiente señal de parada disminuía 50 mseg., lo que facilitaba la omisión de la respuesta. En total, la tarea estuvo integrada por 200 ensayos, siendo 150 Go y 50 Stop. Para evitar el detrimento del desempeño por cansancio, la tarea se dividió en dos series de 100 ensayos cada uno. Para cada emoción se midió el número de aciertos, errores y tiempo de reacción en los ensayos Go, el número de errores en los ensayos Stop, y el tiempo de reacción de la señal de parada o SSRT (por sus siglas en inglés), el cual se calcula restando a la media del tiempo de reacción en los estímulos Go la media del tiempo de la señal de parada.

Escala de comportamiento en Funciones Ejecutivas (BRIEF) (Gioia et al., 1996)

Este instrumento fue diseñado para niños y adolescentes de 5 a 18 años y consta de dos escalas, uno que es contestado por el padre o tutor y otro que es contestado por los maestros. En esta investigación se aplicó únicamente la escala para padres, la cual contiene 86 ítems que miden diferentes aspectos de las funciones ejecutivas como inhibición, flexibilidad, control emocional, iniciativa, memoria de trabajo, planeación, organización de materiales y monitoreo. La consistencia interna de la prueba es alta, con una alfa de Cronbach de .80 a .98.

En concordancia con los objetivos de este trabajo, sólo se incluyeron las subescalas de inhibición y control emocional. La primera, evalúa la capacidad de controlar impulsos, frenar conductas de acuerdo con el contexto y momentos adecuados, mientras que la segunda, evalúa la capacidad para modular las respuestas emocionales.

Registro de EEG

Los registros se llevaron a cabo en las instituciones que albergaban a los participantes en habitaciones tranquilas y sin ruido, antes y después de la intervención; los adolescentes se sentaron en sillas cómodas. El registro se llevó a cabo en dos condiciones: 1) 5 minutos en estado de reposo con los ojos cerrados y 2) 5 minutos en meditación, es decir, en un estado de concentración en la respiración; la instrucción fue la siguiente: *“Durante los siguientes 5 minutos, cierra tus ojos, colócate en una posición cómoda y lleva toda tu atención a la respiración. Cada vez que tu mente se distraiga con pensamientos o ruidos, recuerda regresar tu atención a la respiración, sin forzarla, sin juzgarte, respira de modo natural. Simplemente concéntrate en tu respiración.”*

Se registraron las siguientes derivaciones: Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, T3, T4, T5, T6, C3, C4, P3, P4, O1 y O2. Divididas en cuatro regiones de interés: frontal (Fp1, Fp2, F3, F4, F7 y F8), temporal (T3, T4, T5 y T6) central (C3 y C4) y parieto-occipital (P3, P4, O1 y O2), de acuerdo con el sistema internacional 10-20 de colocación de electrodos. Se colocaron un par de electrodos en la parte superior e inferior de los ojos para controlar los artefactos oculares, también se colocó un electrodo en la muñeca izquierda para registrar la frecuencia cardíaca.

Durante el registro de EEG se utilizaron electrodos de plata clorurada. Se procuró mantener una impedancia de los electrodos por debajo de los 10 K Ω y se tomaron muestras con una frecuencia de muestreo de 500 Hz. Para el registro se utilizó un polígrafo portátil Neuroscan modelo NuAmps.

Procesamiento de la Señal EEG y Eliminación de Artefactos.

Las señales de EEG fueron procesadas fuera de línea en la aplicación EEGLab toolbox (Delorme y Makeig, 2004) en MATLAB con el propósito de eliminar los artefactos de tipo ocular

y muscular.

Análisis del EEG

Se realizó la transformada rápida de Fourier para calcular la potencia absoluta y la correlación interhemisférica de las siguientes bandas de frecuencia: delta (0.5-3.5 Hz en potencia absoluta y 0.6-3.5 Hz en correlación), theta (4-7.5 Hz), alfa 1 (8-10.5 Hz), alfa 2 (11-13 Hz), beta 1 (13.5-18.5 Hz) y beta 2 (19-29.5 Hz). La correlación interhemisférica se calculó en los siguientes pares de electrodos: Fp1-Fp2, F3-F4, F7-F8, C3-C4, T3-T4, T5-T6, P3-P4 y O1-O2.

El Programa Cognitivo Conductual Basado en Atención Plena (PCCBAP)

El programa utilizado integró un entrenamiento en atención plena (Castañeda-Torres et al., 2019; Ron-Grajales et al., 2021) y el entrenamiento en manejo de metas (Levine et al., 2011). En éste se incluyeron ejercicios, tareas, reflexiones y prácticas de entrenamiento mental de acuerdo con la edad y el contexto de los participantes (en el Anexo B se muestran los nombres y objetivos de cada sesión). Antes de llevar a cabo el programa, se les daba a los adolescentes y sus cuidadores una charla introductoria en la que se explicaban los beneficios del modelo de intervención. Posteriormente, se les entregaba una “libreta de pequeños logros” para que anotaran sus reflexiones y avances.

Una vez que se iniciaba el entrenamiento, se hacían diversas prácticas y ejercicios después de los cuáles el facilitador indagaba en las experiencias de los participantes, enfocándose en sus sensaciones corporales, emociones, pensamientos y reflexiones sobre su experiencia (darse cuenta) (Zelazo, 2020). De acuerdo con Segal et al. (2018), el propósito de la indagación es perfeccionar el modo en que los participantes concientizan su experiencia.

El programa de intervención se llevó a cabo en tres momentos distintos, por lo que se tienen tres cohortes de participantes. La intervención consistió en dos sesiones semanales durante 8 semanas de aproximadamente 80 minutos de duración. Todos los grupos de tratamiento fueron dirigidos por tres instructoras con certificación y capacitación por parte de la organización Mentte CEDAT como facilitadores de intervenciones basadas en atención plena.

Procedimiento

Primeramente, se contactó con los directivos de varias casas hogar para explicarles el proyecto y el trabajo que se realizaría con los menores de edad. Después, se revisaron los expedientes internos y oficiales de la Fiscalía del Estado para conocer el historial de cada menor de edad y corroborar los antecedentes de ASI. Luego, se explicó tanto a los adolescentes como a sus cuidadores, en qué consistía la evaluación y el programa de intervención y se les pidió que firmaran una carta de consentimiento informado.

Antes y después del PCCBAP se evaluó a los participantes en tres sesiones de una hora. En las primeras dos, se evaluó el CI-E, la sintomatología de depresión, ansiedad y TEPT, las características y la frecuencia de la violencia experimentada y el control inhibitorio. En la tercera se registraba la actividad electroencefalográfica. Todas las sesiones fueron realizadas en las instituciones en habitaciones libres de ruido, con buena ventilación e iluminación.

Análisis de Datos

Con el propósito de determinar si los datos presentaban varianzas similares y una

distribución normal, se realizaron las pruebas de Levene y Shapiro-Wilk, respectivamente. Posteriormente, se realizaron pruebas T de Student, para identificar las diferencias significativas en las puntuaciones de las escalas de depresión, ansiedad y TEPT y se utilizó la *d* Cohen para calcular el tamaño del efecto. En las escalas de psicopatología también se hicieron ANOVAS de dos factores (condición X sexo).

Para algunas variables dependientes de la prueba Stroop se utilizó la prueba de Wilcoxon y el tamaño del efecto se calculó con la *g* de Hedges. Para analizar los datos obtenidos en la tarea *Stop-Signal* se realizaron ANOVAS de dos factores (condición*emoción), mientras que para la potencia absoluta se realizaron ANOVAS de 3 factores (fase x región x hemisferio) para cada banda de frecuencia (delta, theta, alfa 1, alfa 2, beta 1 y beta 2) y por cada región cortical de interés (frontal, central, temporal, parieto-occipital). Para la correlación interhemisférica, se efectuaron ANOVAS de dos factores (fase x región) para determinar las diferencias pre y postratamiento en las cuatro regiones de interés, para cada banda de frecuencia.

En cada uno de los ANOVAS descritos se calculó el tamaño del efecto con Eta cuadrado (η^2), se realizaron análisis *post hoc* de Bonferroni y se consideró un alfa menor a 0.05. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo en los programas R, JASP y SPSS V.22.

Resultados

Psicopatología

Se encontró una tendencia a la disminución significativa en la sintomatología del TEPT después del entrenamiento ($p = .082$, $d = .450$). Sin embargo, dado que los síntomas psicopatológicos eran mayores en las mujeres, se decidió hacer una ANOVA de dos factores (condición x sexo) y se encontró un efecto principal de la condición ($F(1,14) = 5.71$, $p = .022$, $\eta^2 = .29$) y sexo ($F(1,14) = 27.304$, $p < .001$, $\eta^2 = .925$), así como una interacción significativa entre ambos factores ($F(1,14) = 9.171$, $p = .009$, $\eta^2 = .396$). Como se puede apreciar en la Tabla 2, la sintomatología de TEPT en las mujeres disminuyó significativamente después del tratamiento.

Tabla 2

Media y desviación estándar de los puntajes de las escalas de psicopatología en hombres y mujeres

	PRE				POST			
	Hombres		Mujeres		Hombres		Mujeres	
Psicopatología	<i>M</i>	(<i>DE</i>)	<i>M</i>	(<i>DE</i>)	<i>M</i>	(<i>DE</i>)	<i>M</i>	(<i>DE</i>)
Puntuación CPSS (TEPT)	18.00	(15.8)	53.38	(4.78)	20.13	(12.23)	35.38	(4.03)
Puntuación CDI (Depresión)	49.62	(11.98)	61.50	(10.00)	55.50	(12.50)	53.38	(11.23)
Puntuación SCAS (Ansiedad)	56.75	(11.04)	62.63	(9.23)	56.75	(9.23)	60.50	(12.54)

Nota. $n = 17$

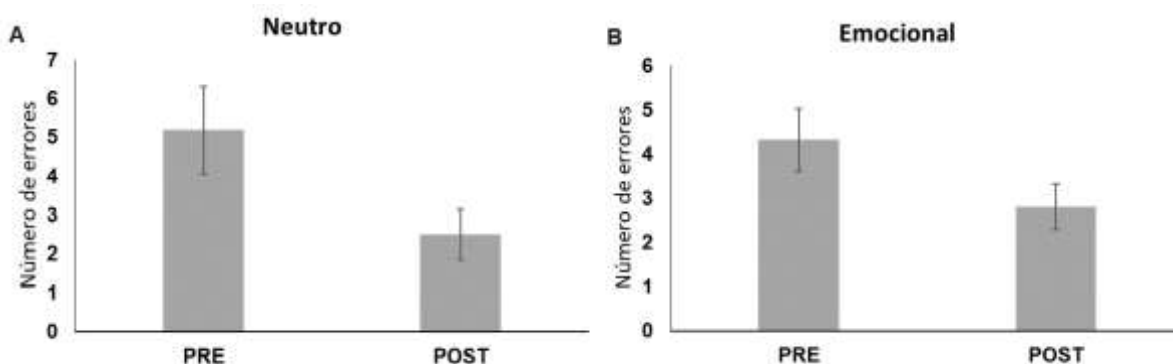
Control Inhibitorio

Stroop

En la tarea Stroop con estímulos neutros se encontró que, después del entrenamiento, los participantes presentaron menor número de errores ($W(Z) = -2.363$, $p = .018$, $g = .688$) aunque el tiempo de ejecución de la tarea no mostró un cambio significativo ($p = .224$, $d = .315$) (Figura 1A). En la versión con estímulos emocionales, los participantes mostraron menor número de errores ($p = .044$, $d = .549$), aunque no hubo diferencias en el tiempo de ejecución ($p = .647$, $d = .099$) ni los índices de interferencia para el número de errores ($p = .150$, $d = .364$) y tiempo ($p = .712$, $d = -.094$).

Figura 1

Número de errores ($M \pm EE$) en las tareas Stroop neutra (A) y emocional (B) antes y después del entrenamiento PCCBAP



Nota. $n = 16$

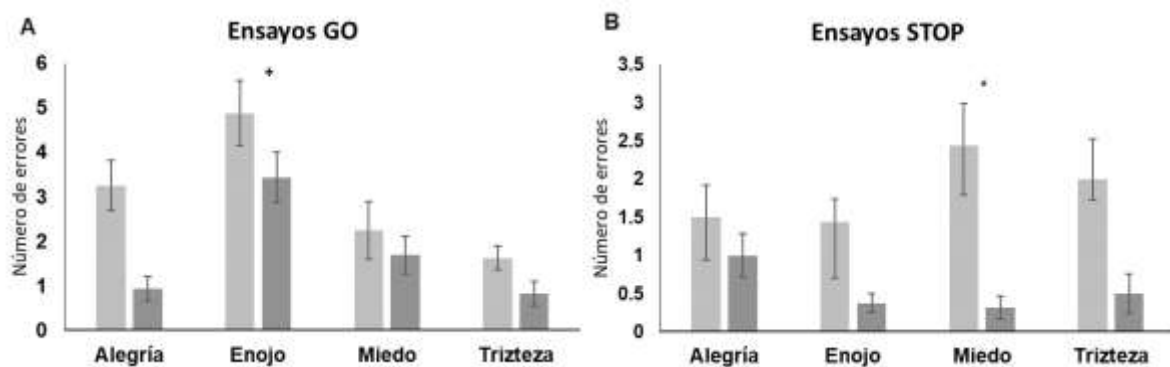
Stop Signal

En los ensayos Go, no se encontraron diferencias significativas en el número de aciertos ni en los tiempos de reacción, pero sí en el número de errores. En esta variable, hubo una reducción significativa después del tratamiento ($F(1,45) = 5.982$, $p < .027$, $\eta^2 = .082$). Además, se encontró un efecto principal de la emoción ($F(3,45) = 15.14$, $p < .001$, $\eta^2 = .238$), en donde los participantes cometieron significativamente más errores ante las caras de enojo que ante las de alegría, miedo y tristeza ($p < .001$). No hubo una interacción significativa entre las variables condición y emoción ($F(3,45) = 1.596$, $p < .204$, $\eta^2 = .023$) (Tabla 2A).

En los ensayos Stop, se encontró que el número de errores disminuyó significativamente después del tratamiento ($F(1,45) = 8.699$, $p = .010$, $\eta^2 = .212$) y aunque no hubo un efecto principal de la emoción ($F(3,45) = 1.258$, $p < .300$, $\eta^2 = .015$), sí tuvo lugar una interacción significativa entre ambas variables independientes ($F(3,45) = 3.734$, $p < .018$, $\eta^2 = .045$). Los análisis a posteriori revelaron que los participantes cometieron significativamente menos errores después del tratamiento ($p < .012$) (Tabla 2B). No se encontraron diferencias significativas en el SSRT.

Figura 2

Número de errores ($M \pm EE$) en los ensayos GO (A) y STOP (B) en tarea Stop-Signal con rostros de alegría, enojo, miedo y tristeza antes y después del tratamiento



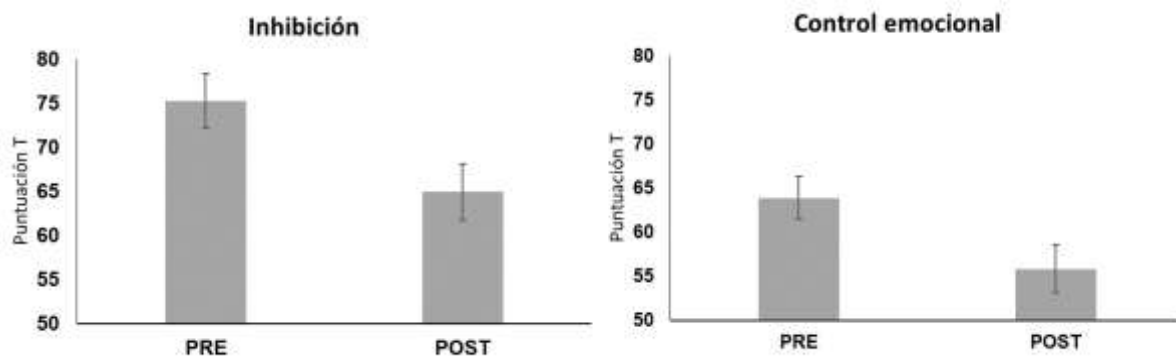
Nota. +Efecto principal de la emoción $p < 0.05$. *Interacción significativa condición x emoción $p < .05$. $n = 16$

BRIEF

En las escalas de inhibición y de control emocional del BRIEF se encontró una reducción significativa de la puntuación T ($p < .001$), lo que implica que los participantes mejoraron estos procesos en su vida cotidiana (Figura 3).

Figura 3

Puntuaciones T ($M \pm EE$) en en las subescalas de inhibición y control emocional de la prueba BRIEF antes y después del tratamiento



Nota. $n = 16$

Electroencefalograma

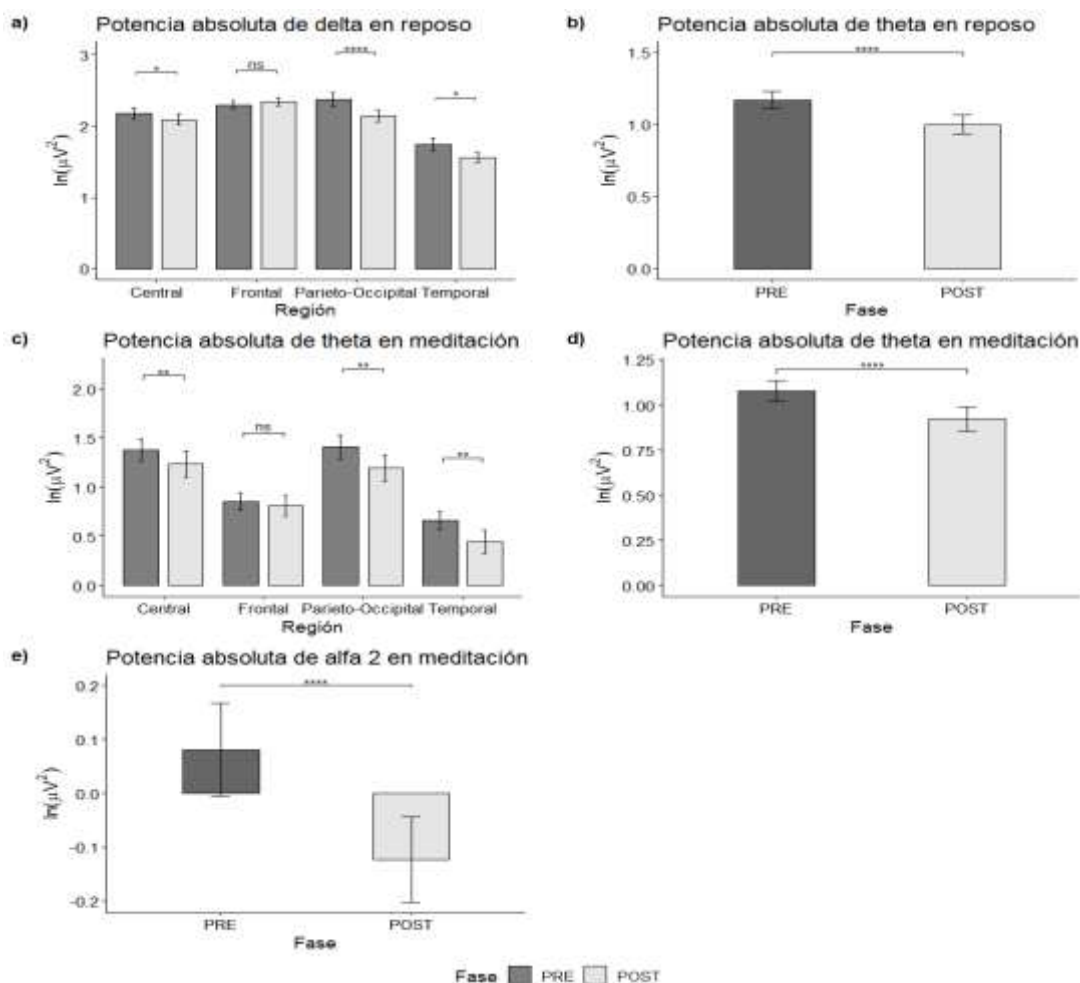
Potencia absoluta

Reposo.

Se encontró una diferencia significativa en el factor principal de fase en theta ($F(1,15) = 6.017$, $p = .027$, $\eta^2 = .018$) y en delta una interacción fase x región ($F(3,45) = 4.102$, $p = .012$, $\eta^2 = .015$). En los análisis *post hoc* se observó una reducción de la potencia absoluta en theta generalizado ($p < .01$) y en delta en regiones centrales ($p = .033$), parieto-occipitales ($p = .000009$) y temporales ($p = .02$) después de la intervención (Figura 4a y b).

Figura 4

Valores de la potencia absoluta en logaritmos de los registros pre y post-intervención en las bandas de frecuencia



Nota. Media de los valores de la potencia absoluta en logaritmos ($M \pm 1 EE$) de los registros pre y post-intervención en las bandas: a) delta en reposo (interacción fase x región), b) theta en reposo (factor principal fase), c) theta en meditación (interacción fase x región), d) theta en meditación (interacción fase x región), e) alfa 2 en meditación (factor principal fase). $N = 16$. $NS = p > .05$, $*p < 0.05$, $**p < .01$, $***p < .0001$

Meditación.

Se observaron diferencias significativas en el factor principal de fase en las bandas theta ($F(1,15) = 4.889, p = .043, \eta^2 = .015$) y alfa 2 ($F(1,15) = 7.731, p = .014, \eta^2 = .014$). En los análisis *post hoc* se encontró una disminución de la potencia después del entrenamiento en alfa 2 ($p < .01$) y theta ($p < .01$). También, hubo una interacción fase x región en theta, en donde la potencia de esta banda disminuyó ($F(3,45) = 4.002, p = .013, \eta^2 = .003$), en regiones centrales ($p = .008$), parieto-occipitales ($p = .004$) y temporales ($p = .001$) después de la intervención (Figura 4c, d y e). No se encontraron diferencias significativas después de la intervención entre los hemisferios cerebrales.

Correlación interhemisférica

En la Tabla 3 se presentan los resultados significativos encontrados en los ANOVAS.

Tabla 3

Resultados significativos de la correlación interhemisférica

Banda	Condición	Efecto	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
Beta 2	Reposo	Fase	8.399	.011	.063
Alfa 2	Meditación	Fase	6.768	.020	.078
Delta	Reposo	Fase x región	3.741	.018	.046
Beta 2	Reposo	Fase x región	4.006	.013	.047

En los análisis *post hoc* se observó que el entrenamiento produjo un incremento generalizado en la correlación interhemisférica en la banda beta 2 ($p < .001$) en la condición de reposo y un aumento en alfa 2 ($p < .001$) durante la meditación. Mientras que, en la interacción fase x región en la condición de reposo, la correlación en delta disminuyó en regiones centrales ($p = .003$) y beta 2 aumentó en regiones frontales ($p = .005$) (Figura 5).

Discusión

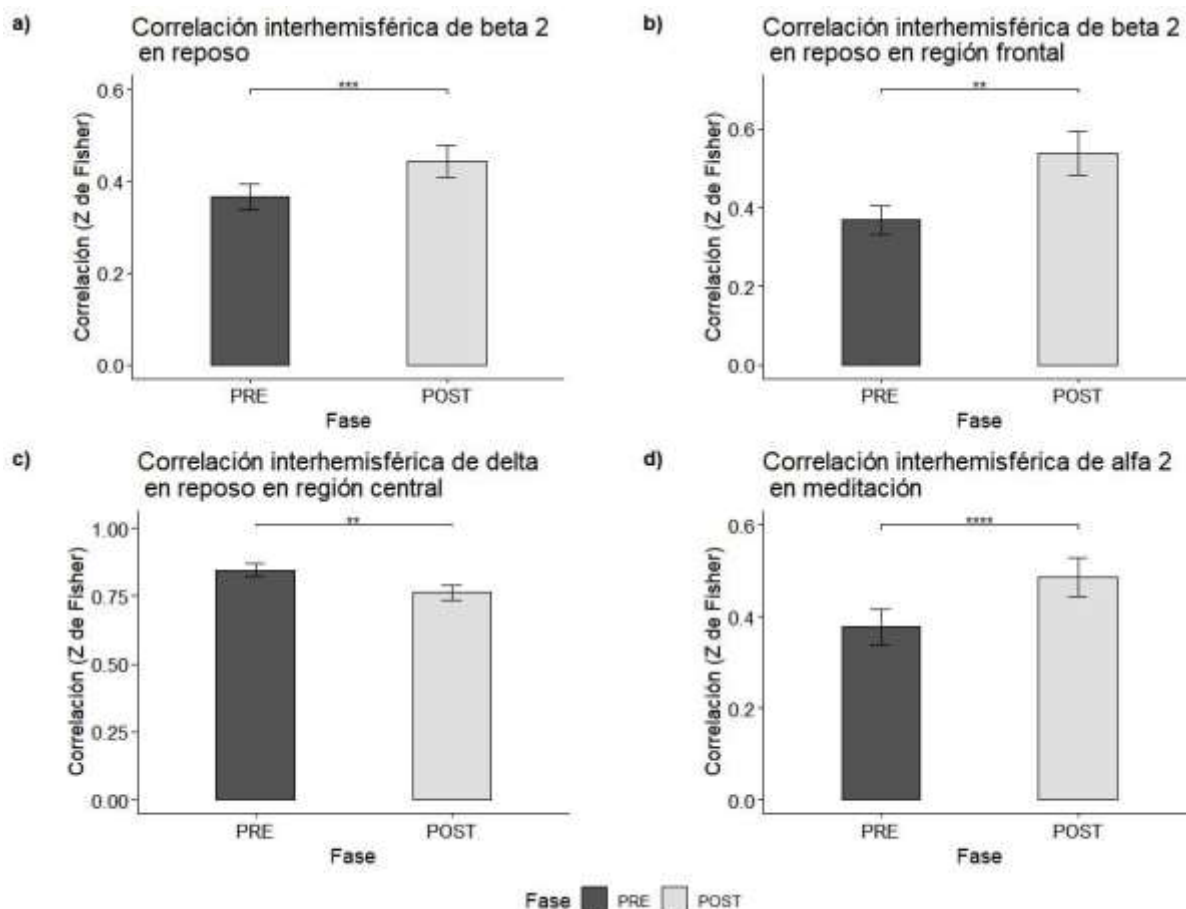
Los resultados de la presente investigación mostraron que el PCCBAP mejoró el control inhibitorio de adolescentes con ASI tanto ante la presencia de estímulos neutros como de estímulos emocionales. Además, produjo una disminución en la intensidad de la sintomatología del TEPT y en el EEG un descenso generalizado en la potencia absoluta y una mayor sincronización entre diversas bandas y regiones cerebrales. A continuación, se presenta la discusión de los resultados obtenidos, iniciando con los cambios cognitivos, luego por los psicopatológicos y finalmente por la actividad de EEG.

Primeramente, los resultados de esta investigación mostraron que los adolescentes con ASI cometieron menos errores en ambas versiones de la tarea stroop (con estímulos neutros y emocionales) después del entrenamiento. Dichos resultados coinciden con estudios previos en poblaciones sin abuso en las que se encontró que entrenamientos semejantes reducen los tiempos de ejecución de la tarea Stroop (Fan et al., 2014; Zhang et al., 2019). Asimismo, se ha

encontrado que los meditadores expertos cometen menos errores en esta tarea en comparación con las personas que no meditan (Moore y Malinowski, 2009).

Figura 5

Valores de la correlación interhemisférica de los registros pre y post-intervención en las bandas de frecuencia



Nota. Media de los valores de la correlación interhemisférica ($M \pm 1 EE$) de los registros pre y post-intervención para las bandas a) beta 2 en reposo (factor principal fase), b) beta 2 en reposo en región frontal (interacción fase x región), c) delta en reposo en la región central (interacción fase x región) y d) alfa 2 en meditación (factor principal fase). $N = 16$. ** $p < .01$, *** $p = .001$, **** $p < .0001$.

La tarea stroop se utiliza para medir el control de interferencia, es decir la habilidad para suprimir estímulos que provocan una respuesta preferente (bien aprendida), distractores que puede hacer más lenta dicha respuesta o bien, estímulos internos que interfieren con la memoria de trabajo (Nigg, 2000). La tarea Stroop evalúa los procesos de inhibición y la atención selectiva por lo que un bajo desempeño en la misma, indica impulsividad y fallas atencionales (Enticott et al., 2006; Lamers et al., 2010). Consecuentemente, se han observado deficiencias en el desempeño en la tarea de Stroop en individuos con trastorno por déficit de atención e

hiperactividad (Unal et al., 2019), trastornos de la conducta (Uytun et al., 2017), abuso de sustancias (Hagen et al., 2016) y con conductas violentas y criminales (Neves y Pinho, 2018).

Con respecto a la tarea *Stop-signal*, los participantes cometieron menos errores después de la intervención tanto en los ensayos *Go* como en los *STOP*, efecto que fue más notorio antes los estímulos de miedo, lo cual implica un mejoramiento de la atención (Weyandt et al., 2014) y del control inhibitorio de la conducta. Los resultados en la tarea *Stop-signal* son consistentes con estudios previos que demostraron que el entrenamiento basado en atención plena mejora la inhibición conductual de adultos sanos (Sahdra et al., 2011). Por ejemplo, Pozuelos et al. (2019), reportaron una reducción significativa de las respuestas impulsivas en una tarea *Go/No-go* después de un entrenamiento en meditación de tres semanas, así como un incremento en la amplitud de los componentes N2 y NAE (negatividad asociada al error), los cuales se relacionan con la detección del conflicto y el monitoreo de la respuesta respectivamente; el grupo en lista de espera no presentó estos cambios. El componente N2 se asocia con la activación del círculo anterior, región que está implicada en el monitoreo y control atencional (Ridderinkhof et al., 2004).

El mejoramiento en el control inhibitorio tras el entrenamiento fue corroborado por la disminución de las puntuaciones de las escalas de inhibición y regulación emocional del BRIEF, la cual como se ya se mencionó, evalúa el funcionamiento ejecutivo en la vida cotidiana. Es importante mencionar que la capacidad para detener una conducta preferente es una habilidad imprescindible para regular la conducta en la vida cotidiana (Logan et al., 1984).

Hasta donde sabemos, éste es el primer estudio que explora los efectos de un PCCBAP en el control inhibitorio en presencia de estímulos emocionales implícitos en adolescentes con ASI. El mejoramiento en el desempeño en las tareas Stroop y *Stop-signal* con estímulos emocionales con el entrenamiento es muy relevante, puesto que los sobrevivientes de maltrato infantil suelen manifestar conductas impulsivas (De Bellis et al., 2019; Park et al., 2016; Sanz-Martin et al., 2022; Sanz-Martin et al., 2019) e hiperreactividad a estímulos emocionales (Dannlowski et al., 2012; Zhu et al., 2019).

Los resultados de este estudio concuerdan con los descritos por Quaglia et al (2019), quienes evaluaron los efectos de un programa en atención plena en el desempeño en una tarea *Go/No-go* con estímulos emocionales (caras con expresiones de alegría, miedo y neutras). Los autores observaron que el entrenamiento mejoró el control inhibitorio, especialmente, en los participantes que tenían un bajo desempeño antes del tratamiento. Sin embargo, a diferencia de nosotros, ellos no encontraron un efecto modulador de las emociones en el desempeño.

Como se puede apreciar en la figura 2, nuestro programa mejoró la inhibición de los estímulos emocionales con valencia negativa, especialmente los de miedo, lo cual puede explicarse en parte por las características del protocolo empleado en el que se incluyeron ejercicios de meditación encaminados a regular la respuesta a emociones dolorosas. Estos resultados sugieren que el PCCBAP puede mejorar la inhibición de respuestas preponderantes provocadas por estímulos emocionales implícitos. Referente a esto, Dahl et al. (2015) propusieron que la práctica de atención plena mejora la regulación emocional al ejercitar los procesos de atención, autocontrol y habilidades metacognitivas. Dicha propuesta coincide con los hallazgos de estudios de neuroimagen que han mostrado una reducción en la activación de la amígdala ante estímulos emocionales negativos tras el entrenamiento en meditación (Brefczynski-Lewis et al., 2007; Goldin y Gross, 2010).

Se ha hipotetizado que la forma en que la práctica de la atención plena mejora la

regulación emocional es fortaleciendo los mecanismos de control prefrontales sobre las estructuras que intervienen en las respuestas emocionales, como la amígdala (Tang et al., 2015). En este sentido, existen estudios que han mostrado que la práctica de la atención plena incrementa la conectividad entre la amígdala y la corteza prefrontal en presencia de estímulos emocionales (Doll et al., 2016; Hölzel et al., 2013).

Por otra parte, se encontró que el PCCBAP redujo los síntomas de TEPT en las mujeres. A la fecha, diversos trabajos han observado una reducción en los síntomas del TEPT después de participar en programas de entrenamiento en atención plena, especialmente entre veteranos de guerra (Cole et al., 2015; King et al., 2013; Stephenson et al., 2017). Asimismo, se han documentado resultados similares en adultos que han experimentado adversidades durante la infancia. Por ejemplo, Kimbrough et al. (2010) encontraron una disminución de la intensidad de la sintomatología del TEPT, principalmente en la evitación, después del programa de reducción del estrés basado en atención plena de 8 semanas en adultos con historia de ASI. A diferencia de nuestro estudio, ellos encontraron también disminución en los síntomas de ansiedad y depresión, mejoría que se mantuvo hasta las 24 semanas. En otro estudio, Gallegos et al. (2015) observaron una disminución en la sintomatología del TEPT en mujeres adultas con historias de maltrato y abuso sexual luego de completar un programa de 8 semanas basado en atención plena. Goldsmith et al. (2014) registraron una reducción en los síntomas del TEPT en adultos que sufrieron diferentes formas de maltrato durante la infancia después de participar en un programa similar de 8 semanas. En menor medida, algunos autores han informado resultados similares en adolescentes que han experimentado distintos tipos de maltrato durante la infancia (Daigneault et al., 2016; Pradhan et al., 2015).

Se ha sugerido que la reducción de los síntomas del TEPT asociada con la atención plena podría deberse a varios mecanismos. Uno de ellos es la reorientación de la atención hacia el momento presente, lo que fortalece el control atencional y reduce el sesgo hacia estímulos relacionados con el trauma. Esto, a su vez, puede disminuir la tendencia a la rumiación y la evitación de estímulos que provocan miedo, como se ha señalado en investigaciones anteriores (Lang et al., 2012). Además, se ha sugerido que la aceptación no juiciosa de pensamientos, experiencias y emociones, promovida por la práctica de la atención plena (Keng et al., 2011), puede atenuar la intensidad de los síntomas del TEPT (Follette et al., 2006).

Por otro lado, se ha sugerido que la atención plena puede favorecer procesos regulatorios de tipo *top-down*, principalmente sobre regiones límbicas, los cuales suelen presentarse disminuidos en el TEPT. Esto podría manifestarse en una disminución de la hiperactividad emocional que conduce a muchos de los síntomas distintivos de este trastorno, como la hipervigilancia y las respuestas excesivas de sobresalto (Boyd et al., 2018). Además, varios estudios han resaltado las relaciones entre la atención plena y los cambios en la actividad cerebral en áreas afectadas en pacientes con TEPT. Por ejemplo, se ha observado un incremento en la actividad de la corteza prefrontal dorsomedial durante la anticipación de imágenes negativas, así como una reducción en la actividad de la amígdala y el giro parahipocampal tras la percepción de estímulos negativos después de un breve entrenamiento en atención plena, lo cual se ha asociado con procesos de regulación emocional frente a estímulos emocionales amenazantes (Lutz et al., 2014).

Por otra parte, con relación al EEG, encontramos que el entrenamiento en atención plena produjo un descenso en la potencia absoluta en las bandas delta, theta y alfa 2, lo que contradice

nuestra hipótesis de que la potencia absoluta aumentaría en las bandas alfa y theta después del entrenamiento, principalmente en regiones frontales. Nosotros hipotetizamos lo anterior en virtud de que diversos estudios han reportado que el incremento en estas bandas se considera un cambio básico en diversos tipos de meditación, tanto en novatos como en expertos (Lee et al., 2018; Lomas et al., 2015). No obstante, dichos estudios en su mayoría se han realizado con participantes adultos sin antecedentes de estrés temprano. Por ejemplo, estudios con universitarios han reportado un incremento en la potencia en alfa en la corteza prefrontal durante y después de la intervención de reducción del estrés basada en atención plena (Morais et al., 2021), asimismo, en otro estudio encontraron que la potencia aumentó en alfa y theta, pero disminuyó en beta, después de un programa educativo basado en atención plena de seis semanas (Jung y Lee, 2021). El incremento de la potencia en alfa ha sido frecuentemente asociado con estados de calma mental (Morais et al., 2021), mientras que, el aumento en theta podría inducir cambios en la distribución de la atención y las emociones positivas (Jung y Lee, 2021).

No obstante, en el presente estudio se observó una disminución en la potencia en theta tanto en meditación como en reposo, así como en la banda alfa 2 (en todas las regiones) en meditación. Asimismo, la potencia de theta durante la meditación disminuyó en todas las regiones, excepto las frontales. Estos resultados coinciden con diversos artículos en los que se encontró una disminución generalizada en la potencia en alfa y theta durante la meditación en meditadores adultos principiantes (Medina et al., 1999; Śliwowski et al., 2021). En estudios previos, el incremento de la potencia en alfa en estado meditativo se ha asociado de manera directa con estados de relajación mental e inversamente con la activación cerebral por lo que, el decremento de la potencia en alfa en los adolescentes puede indicar un alertamiento derivado de la práctica de la atención plena. Por ejemplo, Śliwowski et al. (2021) encontraron una menor potencia de las bandas alfa y theta, generalizada en todas las regiones cerebrales durante una meditación en participantes principiantes en la práctica. Estos autores sugieren que, para invocar un estado mental de concentración, como el que se requiere en las prácticas de atención plena, los principiantes necesitan una mayor activación de las funciones ejecutivas, procesos atencionales y no atencionales; y un mayor estado de alerta. Por consecuencia, se podría asumir que los adolescentes con ASI se encontraban más alertas, vigilantes y posiblemente menos relajados durante su primera experiencia de meditación.

Asimismo, en el presente estudio se encontró una disminución en la potencia en delta en todas las regiones cerebrales, excepto en las frontales, después del entrenamiento. Similar a estos resultados, Cahn et al. (2013) encontraron una menor potencia en delta durante estados meditativos, al compararla con el estado de reposo, en individuos con experiencia en meditación. Sin embargo, ellos notaron que, al presentarles un estímulo distractor durante la meditación, la potencia en delta incrementó en regiones frontales. Se ha descrito en la literatura que el aumento de delta en regiones frontales durante tareas cognitivas se asocia con la inhibición de aferencias sensoriales que pudieran interferir con el estado de concentración interna (Harmony, 2013). También, se ha observado que la potencia en delta y theta aumentan cuando los meditadores se distraen y la mente empieza a divagar activando la deambulación mental (Braboszcz y Delorme, 2011). Por lo anterior, se puede inferir que la intervención propició que los adolescentes con ASI, además de encontrarse con mayor vigilancia y alerta, disminuyeran su diálogo interno.

Además, estudios han indicado que, durante el desarrollo típico de la actividad EEG, las bandas de frecuencias más bajas disminuyen y las más altas aumentan de la infancia a la adolescencia (Somsen et al., 1997). Por consiguiente, menores potencias absolutas y relativas en las bandas delta y theta y un aumento en las bandas alfa y beta se ha interpretado como un signo característico de la maduración cerebral (Barriga-Paulino et al., 2011).

En cuanto a la correlación interhemisférica el PCCBAP produjo un aumento en beta 2 generalizado y en particular en regiones frontales, en reposo, así como una disminución en delta en regiones centrales. Durante la meditación, hubo un aumento generalizado en alfa 2. Una mayor correlación interhemisférica en alfa 2 se ha relacionado con una mayor sincronización interhemisférica que pueden indicar mayores estados de conciencia y mayores experiencias de sensaciones de paz, tranquilidad y ecuanimidad (Medina et al., 1999) y se ha asociado con un mejoramiento de los procesos de atención interna (Lomas et al., 2015). Asimismo, una mayor coherencia en alfa después de una intervención basada en atención plena en preadolescentes se interpretó como un menor riesgo neurológico de desarrollo de psicopatologías como la ansiedad y depresión (Shanok et al., 2020).

Además, la sincronización en beta 2 aumentó en ambas condiciones después de la intervención. Beta 2 se ha relacionado con el procesamiento cognitivo de atención focalizada, en procesos de atención externa intencionada y juega un papel importante en las funciones ejecutivas y procesamiento mentales de alto nivel (Basharpoor et al., 2019; Kirk, 2016). Por otro lado, la correlación en delta disminuyó en reposo después de la intervención. Similar a nuestros resultados, otros autores han observado una menor coherencia en delta, durante meditaciones de diferentes tradiciones y sugieren que estos resultados pueden indicar que las funciones relacionadas con procesos internos se minimizan, es decir, hay un desapego de la percepción del yo (Harmony, 2013; Lehmann et al., 2012). Por otro lado, una mayor sincronización en beta en los participantes podría también señalar un patrón típico de maduración del EEG, ya que este cambio de la coherencia se ha relacionado con un proceso de maduración de la infancia hacia la adolescencia (Thatcher et al., 2008).

Por ende, nuestros resultados sugieren que el PCCBAP produjo cambios en la actividad EEG que pueden indicar menor deambulación mental, mayor alerta y vigilancia; acompañado de una mayor sincronización interhemisférica, principalmente en las bandas alfa 2 y beta 2 en los adolescentes con ASI, que puede estar asociado con un menor vulnerabilidad al desarrollo de psicopatologías, así como un mejoramiento en los procesos de funciones ejecutivas y atención focalizada, en conjunto con estados mentales de tranquilidad. Asimismo, estos cambios en la actividad de EEG también podrían estar asociados a la maduración durante la adolescencia.

Finalmente, para comprender los alcances de nuestros resultados es necesario mencionar las limitaciones de este estudio. La primera de ellas es el número reducido de participantes que integraron la muestra y la ausencia de un grupo control activo o, por lo menos de espera. Debido a la imposibilidad de acceder a los adolescentes institucionalizados con ASI durante la contingencia sanitaria originada por la pandemia COVID-19, esta investigación sufrió modificaciones sustanciales durante su realización y se convirtió en un estudio con alcance exploratorio. Además, la muestra se extrajo de dos diferentes instituciones, lo que pudiera generar variabilidad, ya que los hombres y mujeres adolescentes vivían en diferentes contextos y la atención psicológica recibida en cada una fue distinta. También, en una residencia los adolescentes vivían una institucionalización “parcial” (visitaban a sus familias durante los fines

de semana), mientras que la residencia de las adolescentes proveía una institucionalización de tiempo completo.

Asimismo, durante el entrenamiento, los participantes registraron sus prácticas y meditaciones en una bitácora, pero las facilitadoras del entrenamiento observaron que el nivel de adherencia y compromiso entre los participantes fue distinto. Por lo tanto, es difícil determinar exactamente la duración y la frecuencia de la práctica individual de cada participante. Otra situación que llamó la atención de las facilitadoras fue las diferencias sexuales en el involucramiento de los participantes en el PCCBAP, pues las mujeres mostraron mucha más seriedad, compromiso y adherencia al tratamiento que los varones, lo que hace imprescindible que en futuros estudios se compare el efecto de la intervención en ambos sexos.

Por otro lado, los participantes, además del abuso sexual, experimentaron muchas más experiencias adversas como la negligencia y el abuso físico y psicológico. Además, las características del abuso sexual entre participantes mostraron diferencias, como la edad en la que se llevó a cabo, su frecuencia, su tipo y la cercanía del perpetrador, siendo en general, el abuso sexual más grave en las mujeres que en los varones.

En conclusión, los resultados del presente estudio muestran que el entrenamiento cognitivo conductual basado en atención plena es efectivo para disminuir la intensidad de los síntomas de TEPT, mejorar los procesos atencionales, el control inhibitorio y la regulación emocional en adolescentes que han sufrido ASI. Lo anterior puede relacionarse con cambios en la actividad eléctrica cerebral que indican mayor vigilancia, alertamiento, menor deambulación mental y estados de mayor tranquilidad.

Referencias

- Anderson, J., Martin, J., Mullen, P., Romans, S., y Herbison, P. (1993). Prevalence of childhood sexual abuse experiences in a community sample of women. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 32(5), 911–919. <https://doi.org/10.1097/00004583-199309000-00004>
- Aron, A. R. (2007). The neural basis of inhibition in cognitive control. *The Neuroscientist*, 13(3), 214–228. <https://doi.org/10.1177/1073858407299288>
- Asmal, L., Kilian, S., Du Plessis, S., Scheffler, F., Chiliza, B., Fouche, J.-P., Seedat, S., Dazzan, P., y Emsley, R. (2019). Childhood trauma associated white matter abnormalities in first-episode schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 45(2), 369–376. <https://doi.org/10.1093/schbul/sby062>
- Baijal, S., y Srinivasan, N. (2010). Theta activity and meditative states: Spectral changes during concentrative meditation. *Cognitive Processing*, 11(1), 31–38. <https://doi.org/10.1007/s10339-009-0272-0>
- Bari, A., y Robbins, T. W. (2013). Inhibition and impulsivity: Behavioral and neural basis of response control. *Progress in Neurobiology*, 108, 44–79. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2013.06.005>
- Barnhofer, T., Chittka, T., Nightingale, H., Visser, C., y Crane, C. (2010). State effects of two forms of meditation on prefrontal EEG asymmetry in previously depressed individuals. *Mindfulness*, 1(1), 21–27. <https://doi.org/10.1007/s12671-010-0004-7>
- Barrera, M., Calderón, L., y Bell, V. (2013). The cognitive impact of sexual abuse and PTSD in children: A neuropsychological study. *Journal of Child Sexual Abuse*, 22(6), 625–638. <https://doi.org/10.1080/10538712.2013.811141>
- Barriga-Paulino, C. I., Flores, A. B., y Gómez, C. M. (2011). Developmental changes in the EEG rhythms of children and young adults: Analyzed by means of correlational, brain topography and principal component analysis. *Journal of Psychophysiology*, 25(3), 143–158. <https://doi.org/10.1027/0269-8803/a000052>
- Basharpour, S., Heidari, F., y Molavi, P. (2019). EEG coherence in theta, alpha, and beta bands in frontal regions and executive functions. *Applied Neuropsychology: Adult*, 28(3), 310–317. <https://doi.org/10.1080/23279095.2019.1632860>
- Beers, S. R., y De Bellis, M. D. (2002). Neuropsychological function in children with maltreatment-related posttraumatic stress disorder. *American Journal of Psychiatry*, 159(3), 483–486. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.159.3.483>
- Benedetti, F., Bollettini, I., Radaelli, D., Poletti, S., Locatelli, C., Falini, A., Smeraldi, E., y Colombo, C. (2014). Adverse childhood experiences influence white matter microstructure in patients with bipolar disorder. *Psychological Medicine*, 44(14), 3069–3082. <https://doi.org/10.1017/S0033291714000506>
- Bing-Canar, H., Pizzuto, J., y Compton, R. J. (2016). Mindfulness-of-breathing exercise modulates EEG alpha activity during cognitive performance. *Psychophysiology*, 53(9), 1366–1376. <https://doi.org/10.1111/psyp.12678>
- Boyd, J. E., Lanius, R. A., y McKinnon, M. C. (2018). Mindfulness-based treatments for posttraumatic stress disorder: A review of the treatment literature and neurobiological evidence. *Journal of Psychiatry & Neuroscience*, 43(1), 7–25.

- <https://doi.org/10.1503/jpn.170021>
- Braboszcz, C., y Delorme, A. (2011). Lost in thoughts: Neural markers of low alertness during mind wandering. *NeuroImage*, 54(4), 3040–3047. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.10.008>
- Brefczynski-Lewis, J. A., Lutz, A., Schaefer, H. S., Levinson, D. B., y Davidson, R. J. (2007). Neural correlates of attentional expertise in long-term meditation practitioners. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(27), 11483–11488. <https://doi.org/10.1073/pnas.0606552104>
- Bremner, J. D., Vermetten, E., Vythilingam, M., Afzal, N., Schmahl, C., Elzinga, B., y Charney, D. S. (2004). Neural correlates of the classic color and emotional Stroop in women with abuse-related posttraumatic stress disorder. *Biological Psychiatry*, 55(6), 612–620. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2003.10.001>
- Burke, H., N., y Renschler, T. (2015). *Center for Youth Wellness ACE-Questionnaire (CYW ACE-Q Child, Teen, Teen SR)*. Center for Youth Wellness.
- Bustos, P., Rincón, P., y Aedo, J. (2009). Validación preliminar de la escala infantil de síntomas del trastorno de estrés postraumático (Child PTSD Symptom Scale, CPSS) en niños/as y adolescentes víctimas de violencia sexual. *Psyche (Santiago)*, 18(2), 113–126. <https://doi.org/10.4067/S0718-22282009000200008>
- Cahn, B. R., Delorme, A., y Polich, J. (2013). Event-related delta, theta, alpha and gamma correlates to auditory oddball processing during Vipassana meditation. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8(1), 100–111. <https://doi.org/10.1093/scan/nss060>
- Cahn, B. R., y Polich, J. (2006). Meditation states and traits: EEG, ERP, and neuroimaging studies. *Psychological Bulletin*, 132(2), 180–211. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.132.2.180>
- Caparos, S., y Blanchette, I. (2014). Emotional Stroop interference in trauma-exposed individuals: A contrast between two accounts. *Consciousness and Cognition*, 28, 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2014.06.009>
- Cardinale, E. M., Subar, A. R., Brotman, M. A., Leibenluft, E., Kircanski, K., y Pine, D. S. (2019). Inhibitory control and emotion dysregulation: A framework for research on anxiety. *Development and Psychopathology*, 31(3), 859–869. <https://doi.org/10.1017/S0954579419000300>
- Castañeda-Torres, R. D., Esparza-López, M. R., Méndez-Rodríguez, V., y Quezada, F. (2019). *Manual del Facilitador: Protocolo Mente Libre para la disminución de conductas impulsivas basadas en atención plena*. United State Agency for the International Development. http://www.cca.org.mx/usaidd_colecciones/pdfs/Coleccion_jovenes/Protocolo_Mente_Libre_CEDAT.pdf
- Chiesa, A., Serretti, A., y Jakobsen, J. C. (2013). Mindfulness: Top-down or bottom-up emotion regulation strategy? *Clinical Psychology Review*, 33(1), 82–96. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2012.10.006>
- Choi, J., Jeong, B., Polcari, A., Rohan, M. L., y Teicher, M. H. (2012). Reduced fractional anisotropy in the visual limbic pathway of young adults witnessing domestic violence in childhood. *NeuroImage*, 59(2), 1071–1079. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.09.033>
- Choi, J., Jeong, B., Rohan, M. L., Polcari, A. M., y Teicher, M. H. (2009). Preliminary evidence for

- white matter tract abnormalities in young adults exposed to parental verbal abuse. *Biological Psychiatry*, 65(3), 227–234. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2008.06.022>
- Cole, M. A., Muir, J. J., Gans, J. J., Shin, L. M., D'Esposito, M., Harel, B. T., y Schembri, A. (2015). Simultaneous treatment of neurocognitive and psychiatric symptoms in veterans with post-traumatic stress disorder and history of mild traumatic brain injury: A pilot study of mindfulness-based stress reduction. *Military Medicine*, 180(9), 956–963. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-14-00581>
- Dahl, C. J., Lutz, A., y Davidson, R. J. (2015). Reconstructing and deconstructing the self: Cognitive mechanisms in meditation practice. *Trends in Cognitive Sciences*, 19(9), 515–523. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.07.001>
- Daigneault, I., Dion, J., Hébert, M., y Bourgeois, C. (2016). Mindfulness as mediator and moderator of post-traumatic symptomatology in adolescence following childhood sexual abuse or assault. *Mindfulness*, 7(6), 1306–1315. <https://doi.org/10.1007/s12671-016-0571-3>
- Dannlowski, U., Stuhrmann, A., Beutelmann, V., Zwanzger, P., Lenzen, T., Grotegerd, D., Domschke, K., Hohoff, C., Ohrmann, P., Bauer, J., Lindner, C., Postert, C., Konrad, C., Arolt, V., Heindel, W., Suslow, T., y Kugel, H. (2012). Limbic scars: Long-term consequences of childhood maltreatment revealed by functional and structural magnetic resonance imaging. *Biological Psychiatry*, 71(4), 286–293. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2011.10.021>
- Davidson, R. J., Kabat-Zinn, J., Schumacher, J., Rosenkranz, M., Muller, D., Santorelli, S. F., Urbanowski, F., Harrington, A., Bonus, K., y Sheridan, J. F. (2003). Alterations in brain and immune function produced by mindfulness meditation. *Psychosomatic Medicine*, 65(4), 564–570. <https://doi.org/10.1097/01.PSY.0000077505.67574.E3>
- De Bellis, M. D., Keshavan, M. S., Clark, D. B., Casey, B. J., Giedd, J. N., Boring, A. M., Frustaci, K., y Ryan, N. D. (1999). Developmental traumatology part II: Brain development. *Biological Psychiatry*, 45(10), 1271–1284. [https://doi.org/10.1016/s0006-3223\(99\)00045-1](https://doi.org/10.1016/s0006-3223(99)00045-1)
- De Bellis, M. D., Keshavan, M. S., Shifflett, H., Iyengar, S., Beers, S. R., Hall, J., y Moritz, G. (2002). Brain structures in pediatric maltreatment-related posttraumatic stress disorder: A sociodemographically matched study. *Biological Psychiatry*, 52(11), 1066–1078. [https://doi.org/10.1016/S0006-3223\(02\)01459-2](https://doi.org/10.1016/S0006-3223(02)01459-2)
- De Bellis, M. D., y Kuchibhatla, M. (2006). Cerebellar volumes in pediatric maltreatment-related posttraumatic stress disorder. *Biological Psychiatry*, 60(7), 697–703. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2006.04.035>
- De Bellis, M. D., Morey, R. A., Nooner, K. B., Woolley, D. P., Haswell, C. C., y Hooper, S. R. (2019). A pilot study of neurocognitive function and brain structures in adolescents with alcohol use disorders: Does maltreatment history matter? *Child Maltreatment*, 24(4), 374–388. <https://doi.org/10.1177/1077559518810525>
- Delorme, A., y Makeig, S. (2004). EEGLAB: An open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, 134(1), 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2003.10.009>
- Denson, T. F., Pedersen, W. C., Friese, M., Hahm, A., y Roberts, L. (2011). understanding impulsive aggression: Angry rumination and reduced self-control capacity are

- mechanisms underlying the provocation-aggression relationship. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 37(6), 850–862. <https://doi.org/10.1177/0146167211401420>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Do, H., Hoang, H., Nguyen, N., An, A., Chau, H., Khuu, Q., Tran, L., Le, T., Le, A., Nguyen, K., Vo, T., y Ha, H. (2023). Intermediate effects of mindfulness practice on the brain activity of college students: An EEG study. *IBRO Neuroscience Reports*, 14, 308–319. <https://doi.org/10.1016/j.ibneur.2023.03.003>
- Dodich, A., Zollo, M., Crespi, C., Cappa, S. F., Laureiro Martinez, D., y Falini, A. (2019). Short-term Sahaja Yoga meditation training modulates brain structure and spontaneous activity in the executive control network. *Brain and Behavior*, 9(1), e01159. <https://doi.org/10.1002/brb3.1159>
- Doll, A., Hölzel, B. K., Mulej Bratec, S., Boucard, C. C., Xie, X., Wohlschläger, A. M., y Sorg, C. (2016). Mindful attention to breath regulates emotions via increased amygdala–prefrontal cortex connectivity. *NeuroImage*, 134, 305–313. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.03.041>
- Edwards, V. J., Holden, G. W., Felitti, V. J., y Anda, R. F. (2003). Relationship between multiple forms of childhood maltreatment and adult mental health in community respondents: Results from the adverse childhood experiences study. *American Journal of Psychiatry*, 160(8), 1453–1460. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.160.8.1453>
- Eluvathingal, T. J., Chugani, H. T., Behen, M. E., Juhász, C., Muzik, O., Maqbool, M., Chugani, D. C., y Makki, M. (2006). Abnormal brain connectivity in children after early severe socioemotional deprivation: A diffusion tensor imaging study. *Pediatrics*, 117(6), 2093–2100. <https://doi.org/10.1542/peds.2005-1727>
- Enticott, P. G., Ogloff, J. R. P., y Bradshaw, J. L. (2006). Associations between laboratory measures of executive inhibitory control and self-reported impulsivity. *Personality and Individual Differences*, 41(2), 285–294. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2006.01.011>
- Fan, Y., Tang, Y.-Y., Tang, R., y Posner, M. I. (2014). Short term integrative meditation improves resting alpha activity and Stroop performance. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 39(3–4), 213–217. <https://doi.org/10.1007/s10484-014-9258-5>
- Felitti, V. J., Anda, R. F., Nordenberg, D., Williamson, D. F., Spitz, A. M., Edwards, V., Koss, M. P., y Marks, J. S. (2019). REPRINT OF: 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*, 56(6), 774–786. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2019.04.001>
- Feyissa, A. M., y Tatum, W. O. (2019). Adult EEG. In K. H. Levin, y P. Chauvel (Eds.), *Handbook of clinical neurology* (Vol. 160, pp. 103–124). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64032-1.00007-2>
- Follette, V., Palm, K. M., y Pearson, A. N. (2006). Mindfulness and trauma: Implications for treatment. *Journal of Rational-Emotive & Cognitive-Behavior Therapy*, 24(1), 45–61. <https://doi.org/10.1007/s10942-006-0025-2>
- Fosco, W. D., Hawk, L. W., Colder, C. R., Meisel, S. N., y Lengua, L. J. (2019). The development of inhibitory control in adolescence and prospective relations with delinquency. *Journal of Adolescence*, 76(1), 37–47. <https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2019.08.008>

- Freeman, J. B., y Beck, J. G. (2000). Cognitive interference for trauma cues in sexually abused adolescent girls with posttraumatic stress disorder. *Journal of Clinical Child Psychology*, 29(2), 245–256. https://doi.org/10.1207/S15374424jccp2902_10
- Gallegos, A. M., Lytle, M. C., Moynihan, J. A., y Talbot, N. L. (2015). Mindfulness-based stress reduction to enhance psychological functioning and improve inflammatory biomarkers in trauma-exposed women: A pilot study. *Psychological Trauma: Theory, Research, Practice, and Policy*, 7(6), 525–532. <https://doi.org/10.1037/tra0000053>
- Gioia, G. A., Isquith, P. K., Guy, S. C., y Kenworthy, L. (1996). *BRIEF. Behavior Rating Inventory of Executive Function*. Psychological Assessment Resources, Inc.
- Girard, M.-S., y Morizot, J. (2023). Is child maltreatment a risk factor for borderline personality disorder? A systematic review of prospective longitudinal studies. *Current Psychiatry Research and Reviews Formerly: Current Psychiatry Reviews*, 19(3), 262–290. <https://doi.org/10.2174/2666082218666220816100950>
- Goldin, P. R., y Gross, J. J. (2010). Effects of mindfulness-based stress reduction (MBSR) on emotion regulation in social anxiety disorder. *Emotion*, 10(1), 83–91. <https://doi.org/10.1037/a0018441>
- Goldsmith, R. E., Gerhart, J. I., Chesney, S. A., Burns, J. W., Kleinman, B., y Hood, M. M. (2014). Mindfulness-based stress reduction for posttraumatic stress symptoms: Building acceptance and decreasing shame. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*, 19(4), 227–234. <https://doi.org/10.1177/2156587214533703>
- Hagen, E., Erga, A. H., Hagen, K. P., Nesvåg, S. M., McKay, J. R., Lundervold, A. J., y Walderhaug, E. (2016). Assessment of executive function in patients with substance use disorder: A comparison of inventory- and performance-based assessment. *Journal of Substance Abuse Treatment*, 66, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jsat.2016.02.010>
- Harmony, T. (2013). The functional significance of delta oscillations in cognitive processing. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnint.2013.00083>
- Harmony, T., Marosi, E., Díaz De León, A. E., Becker, J., y Fernández, T. (1990). Effect of sex, psychosocial disadvantages and biological risk factors on EEG maturation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 75(6), 482–491. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(90\)90135-7](https://doi.org/10.1016/0013-4694(90)90135-7)
- Hebert, R., Lehmann, D., Tan, G., Travis, F., y Arenander, A. (2005). Enhanced EEG alpha time-domain phase synchrony during Transcendental Meditation: Implications for cortical integration theory. *Signal Processing*, 85(11), 2213–2232. <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2005.07.009>
- Hernández-Guzmán, L., Bermúdez-Ornelas, G., Spence, S. H., González Montesinos, M. J., Martínez-Guerrero, J. I., Aguilar Villalobos, J., y Gallegos Guajardo, J. (2010). Spanish version of the Spence Children's Anxiety Scale (SCAS). *Revista Latinoamericana de Psicología*, 42(1), 13–24.
- Herrington, R. J., Birn, R. M., Ruttle, P. L., Burghy, C. A., Stodola, D. E., Davidson, R. J., y Essex, M. J. (2013). Childhood maltreatment is associated with altered fear circuitry and increased internalizing symptoms by late adolescence. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(47), 19119–19124. <https://doi.org/10.1073/pnas.1310766110>
- Hölzel, B. K., Hoge, E. A., Greve, D. N., Gard, T., Creswell, J. D., Brown, K. W., Barrett, L. F., Schwartz, C., Vaitl, D., y Lazar, S. W. (2013). Neural mechanisms of symptom

- improvements in generalized anxiety disorder following mindfulness training. *NeuroImage: Clinical*, 2, 448–458. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2013.03.011>
- Huberty, S., Carter Leno, V., Van Noordt, S. J. R., Bedford, R., Pickles, A., Desjardins, J. A., Webb, S. J., The BASIS Team, y Elsabbagh, M. (2021). Association between spectral electroencephalography power and autism risk and diagnosis in early development. *Autism Research*, 14(7), 1390–1403. <https://doi.org/10.1002/aur.2518>
- Iftikhar, R., y Tariq, I. (2022). Emotional Stroop task, parental acceptance- rejection and personality assessment in sexually abused children. *Pakistan*, 8(4), 26–36. <https://doi.org/10.7537/marsbnj080422.04>.
- Ito, Y., Teicher, M. H., Glod, C. A., y Ackerman, E. (1992). Preliminary evidence for aberrant cortical development in abused children: A quantitative EEG study. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 10(3), 298–307. <https://doi.org/10.1001/jama.1992.03490110111047>
- Jung, M., y Lee, M. (2021). The y of a mindfulness-based education program on brain waves and the autonomic nervous system in university students. *Healthcare*, 9(11), 1606. <https://doi.org/10.3390/healthcare9111606>
- Keding, T. J., Heyn, S. A., Russell, J. D., Zhu, X., Cisler, J., McLaughlin, K. A., y Herringa, R. J. (2021). Differential patterns of delayed emotion circuit maturation in abused girls with and without internalizing psychopathology. *American Journal of Psychiatry*, 178(11), 1026–1036. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2021.20081192>
- Kellogg, N., y American Academy of Pediatrics Committee on Child Abuse and Neglect (2005). The evaluation of sexual abuse in children. *Pediatrics*, 116(2), 506–512. <https://doi.org/10.1542/peds.2005-1336>
- Keng, S.-L., Smoski, M. J., y Robins, C. J. (2011). Effects of mindfulness on psychological health: A review of empirical studies. *Clinical Psychology Review*, 31(6), 1041–1056. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2011.04.006>
- Kimbrough, E., Magyari, T., Langenberg, P., Chesney, M., y Berman, B. (2010). Mindfulness intervention for child abuse survivors. *Journal of Clinical Psychology*, 66(1), 17–33. <https://doi.org/10.1002/jclp.20624>
- King, A. P., Erickson, T. M., Giardino, N. D., Favorite, T., Rauch, S. A. M., Robinson, E., Kulkarni, M., y Liberzon, I. (2013). A pilot study of group mindfulness-based cognitive therapy (MBCT) for combat veterans with posttraumatic stress disorder (PTSD). *Depression and Anxiety*, 30(7), 638–645. <https://doi.org/10.1002/da.22104>
- Kirk, H. W. (2016). *Restoring the brain: Neurofeedback as an integrative approach to health*. Taylor & Francis.
- Kovacs, M. (2004). *Inventario de depresión infantil (CDI)*. Ediciones TEA.
- Kral, T. R. A., Schuyler, B. S., Mumford, J. A., Rosenkranz, M. A., Lutz, A., y Davidson, R. J. (2018). Impact of short- and long-term mindfulness meditation training on amygdala reactivity to emotional stimuli. *NeuroImage*, 181, 301–313. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.07.013>
- Kummar, A. S., Correia, H., y Fujiyama, H. (2019). A brief review of the EEG literature on mindfulness and fear extinction and its potential implications for posttraumatic stress symptoms (PTSS). *Brain Sciences*, 9(10), 258. <https://doi.org/10.3390/brainsci9100258>
- Lamers, M. J. M., Roelofs, A., y Rabeling-Keus, I. M. (2010). Selective attention and response

- set in the Stroop task. *Memory & Cognition*, 38(7), 893–904. <https://doi.org/10.3758/MC.38.7.893>
- Lang, A. J., Strauss, J. L., Bomyea, J., Bormann, J. E., Hickman, S. D., Good, R. C., y Essex, M. (2012). The theoretical and empirical basis for meditation as an intervention for PTSD. *Behavior Modification*, 36(6), 759–786. <https://doi.org/10.1177/0145445512441200>
- Lee, D. J., Kulubya, E., Goldin, P., Goodarzi, A., y Girgis, F. (2018). Review of the neural oscillations underlying meditation. *Frontiers in Neuroscience*, 12, 178. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00178>
- Lee, Y. Y., y Hsieh, S. (2014). Classifying different emotional states by means of EEG-based functional connectivity patterns. *PLoS ONE*, 9(4), e95415. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095415>
- Lehmann, D., Faber, P. L., Tei, S., Pascual-Marqui, R. D., Milz, P., y Kochi, K. (2012). Reduced functional connectivity between cortical sources in five meditation traditions detected with lagged coherence using EEG tomography. *NeuroImage*, 60(2), 1574–1586. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.01.042>
- Levine, B., Schweizer, T. A., O'Connor, C., Turner, G., Gillingham, S., Stuss, D. T., Manly, T., y Robertson, I. H. (2011). Rehabilitation of executive functioning in patients with frontal lobe brain damage with goal management training. *Frontiers Human Neuroscience*, 5. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2011.00009>
- Logan, G. D., Cowan, W. B., y Davis, K. A. (1984). On the ability to inhibit simple and choice reaction time responses: A model and a method. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10(2), 276–291. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.10.2.276>
- Lomas, T., Iltzan, I., y Fu, C. H. Y. (2015). A systematic review of the neurophysiology of mindfulness on EEG oscillations. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 57, 401–410. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.09.018>
- Lopes da Silva, F. (2013). EEG and MEG: Relevance to neuroscience. *Neuron*, 80(5), 1112–1128. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.10.017>
- Ludwig, D. S., y Kabat-Zinn, J. (2008). Mindfulness in medicine. *JAMA*, 300(11), 1350. <https://doi.org/10.1001/jama.300.11.1350>
- Ludwig, S. (2001). Abuso sexual, manejo en la emergencia pediátrica. *Archivos de Pediatría del Uruguay*, 72(S), S45–S54.
- Luna Herrera, C. (2017). *Organización eléctrica cerebral en varones de 10 a 16 años con antecedentes de abuso físico severo*. [Tesis de Maestría, Universidad de Guadalajara]. <http://repositorio.cucba.udg.mx>
- Lutz, J., Herwig, U., Opialla, S., Hittmeyer, A., Jäncke, L., Rufer, M., Grosse Holtforth, M., y Brühl, A. B. (2014). Mindfulness and emotion regulation—An fMRI study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(6), 776–785. <https://doi.org/10.1093/scan/nst043>
- Marshall, P. J., Fox, N. A., y Group, B. C. (2004). A Comparison of the electroencephalogram between institutionalized and community children in Romania. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(8), 1327–1338. <https://doi.org/10.1162/0898929042304723>
- Medina, C., Grinberg-Zylberbaum, J., Guevara, M., Arce, C., y Ramos, J. (1999). Efectos de la meditación sobre la actividad eléctrica cerebral. *Revista Mexicana de Psicología*, 16(1), 101–115.

- Meiers, G., Nooner, K., De Bellis, M. D., Debnath, R., y Tang, A. (2020). Alpha EEG asymmetry, childhood maltreatment, and problem behaviors: A pilot home-based study. *Child Abuse & Neglect*, 101, 104358. <https://doi.org/10.1016/j.chiabu.2020.104358>
- Miskovic, V., Schmidt, L. A., Georgiades, K., Boyle, M., y MacMillan, H. L. (2009). Stability of resting frontal electroencephalogram (EEG) asymmetry and cardiac vagal tone in adolescent females exposed to child maltreatment. *Developmental Psychobiology*, 51(6), 474–487. <https://doi.org/10.1002/dev.20387>
- Miskovic, V., Schmidt, L. A., Georgiades, K., Boyle, M., y Macmillan, H. L. (2010). Adolescent females exposed to child maltreatment exhibit atypical EEG coherence and psychiatric impairment: Linking early adversity, the brain, and psychopathology. *Development and Psychopathology*, 22(2), 419–432. <https://doi.org/10.1017/S0954579410000155>
- Moore, A., y Malinowski, P. (2009). Meditation, mindfulness and cognitive flexibility. *Consciousness and Cognition*, 18(1), 176–186. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2008.12.008>
- Morais, P., Quaresma, C., Vigário, R., y Quintão, C. (2021). Electrophysiological effects of mindfulness meditation in a concentration test. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 59(4), 759–773. <https://doi.org/10.1007/s11517-021-02332-y>
- Mueller, S. C., Maheu, F. S., Dozier, M., Peloso, E., Mandell, D., Leibenluft, E., Pine, D. S., y Ernst, M. (2010). Early-life stress is associated with impairment in cognitive control in adolescence: An fMRI study. *Neuropsychologia*, 48(10), 3037–3044. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.06.013>
- Navalta, C. P., Polcari, A., Webster, D. M., Boghossian, A., y Teicher, M. H. (1992). Effects of childhood sexual abuse on neuropsychological and cognitive function in college women. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 18(1), 45-53 <https://doi.org/10.1176/jnp.18.1.45>
- Neves, D., y Pinho, M. S. (2018). Self-regulation and the specificity of autobiographical memory in offenders. *International Journal of Law and Psychiatry*, 57, 91–99. <https://doi.org/10.1016/j.ijlp.2018.01.005>
- Nigg, J. T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: Views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological Bulletin*, 126(2), 220–246. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.126.2.220>
- Nyhus, E., Engel, W. A., Pitfield, T. D., y Vakkur, I. M. W. (2019). Increases in theta oscillatory activity during episodic memory retrieval following mindfulness meditation training. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 311. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00311>
- Park, S., Lee, J.-M., Kim, J.-W., Kwon, H., Cho, S.-C., Han, D. H., Cheong, J. H., y Kim, B.-N. (2016). Increased white matter connectivity in traumatized children with attention deficit hyperactivity disorder. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 247, 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.pscychresns.2015.09.012>
- Pozuelos, J. P., Mead, B. R., Rueda, M. R., y Malinowski, P. (2019). Chapter 6 - Short-term mindful breath awareness training improves inhibitory control and response monitoring. En N. Srinivasan (Ed.), *Progress in brain research* (Vol. 244, pp. 137–163). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2018.10.019>
- Pradhan, B., Gray, R., Parikh, T., Akkireddi, P., y Pumariega, A. (2015). Trauma interventions using mindfulness based extinction and reconsolidation (TIMBER©) as monotherapy for

- chronic PTSD: A pilot study. *Adolescent Psychiatry*, 5(2), 125–131. <https://doi.org/10.2174/221067660502150430155038>
- Privitera, A. J., Zhou, Y., y Xie, X. (2023). Inhibitory control as a significant predictor of academic performance in Chinese high schoolers. *Child Neuropsychology*, 29(3), 457–473. <https://doi.org/10.1080/09297049.2022.2098941>
- Quaglia, J. T., Zeidan, F., Grossenbacher, P. G., Freeman, S. P., Braun, S. E., Martelli, A., Goodman, R. J., y Brown, K. W. (2019). Brief mindfulness training enhances cognitive control in socioemotional contexts: Behavioral and neural evidence. *PLOS ONE*, 14(7), e0219862. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219862>
- Ramos Galarza, C., Acosta-Rodas, P., Ortiz-Granja, D., Lepe-Martínez, N., Del Valle, M., Ramos, V., y Bolaños-Pasquel, M. (2020). The role of inhibitory control in the ability to solve problems of university students. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 29(1), 47–52. <https://doi.org/10.46997/revecuatneurol29100047>
- Ridderinkhof, K. R., Ullsperger, M., Crone, E. A., y Nieuwenhuis, S. (2004). The role of the medial frontal cortex in cognitive control. *Science*, 306(5695), 443–447. <https://doi.org/10.1126/science.1100301>
- Ron-Grajales, A., Sanz-Martin, A., Castañeda-Torres, R. D., Esparza-López, M., Ramos-Loyo, J., y Inozemtseva, O. (2021). Effect of mindfulness training on inhibitory control in young offenders. *Mindfulness*, 12(7), 1822–1838. <https://doi.org/10.1007/s12671-021-01643-3>
- Sætren, S. S., Augusti, E.-M., y Hafstad, G. S. (2021). Affective inhibitory control and risk for internalizing problems in adolescents exposed to child maltreatment: A population-based study. *Journal of Abnormal Psychology*, 130(2), 113–125. <https://doi.org/10.1037/abn0000582>
- Sahdra, B. K., MacLean, K. A., Ferrer, E., Shaver, P. R., Rosenberg, E. L., Jacobs, T. L., Zanesco, A. P., King, B. G., Aichele, S. R., Bridwell, D. A., Mangun, G. R., Lavy, S., Wallace, B. A., y Saron, C. D. (2011). Enhanced response inhibition during intensive meditation training predicts improvements in self-reported adaptive socioemotional functioning. *Emotion*, 11(2), 299–312. <https://doi.org/10.1037/a0022764>
- Sanz-Martin, A., Alvarez-Nunez, D. N., y Inozemtseva, O. (2018). The effect of anxiety on verbal and visual priming tasks an adolescent victim of bullying. *Journal of Traumatic Stress Disorders & Treatment*, 07(02). <https://doi.org/10.4172/2324-8947.1000188>
- Sanz-Martin, A., y Calderón-Zepeda, I. (2016). EEG correlations during a working memory task with emotional stimuli in girls with post-traumatic stress disorder secondary to sexual abuse. *Journal of Behavioral and Brain Science*, 06(12), 509–529. <https://doi.org/10.4236/jbbs.2016.612046>
- Sanz-Martin, A., y García-León, I. A. (2022). Differential effect of emotional stimuli on performance on verbal and facial priming tasks and their relation to PTSD symptoms in girls with intrafamilial sexual abuse. *Cognitive Therapy and Research*, 46(6), 1087–1100. <https://doi.org/10.1007/s10608-022-10313-0>
- Sanz-Martin, A., Preciado-Mercado, S., y Inozemtseva, O. (2022). Social skills and behavioral problems in adolescents with child sexual abuse, and their relation to basal cortisol. *Journal of Behavioral and Brain Science*, 12(05), 252–270. <https://doi.org/10.4236/jbbs.2022.125014>
- Sanz-Martin, A., Preciado-Mercado, S., Inozemtseva, O., y García-León, I. A. (2019). Prefrontal

- dysfunction in girls with post-traumatic stress disorder secondary to child sexual abuse, and its relation to basal cortisol levels. *Journal Traumatic Stress Disorders & Treatment*, 7(3). <https://doi.org/10.4172/2324-8947.1000193>
- Segal, Z. V., Williams, M. G., y Teasdale, J. (2018). *Terapia cognitiva conductual basada en el mindfulness para la depresión* (2a. ed.). Kairós.
- Shanok, N. A., Reive, C., Mize, K. D., y Jones, N. A. (2020). Mindfulness meditation intervention alters neurophysiological symptoms of anxiety and depression in preadolescents. *Journal of Psychophysiology*, 34(3), 159–170. <https://doi.org/10.1027/0269-8803/a000244>
- Śliwowski, M., Jastrzębska, P., Holas, P., Żygierewicz, J., y Suffczyński, P. (2021). Brain activity during meditation in first-time meditators. *International Journal of Neuroscience*, 133(3), 238–247. <https://doi.org/10.1080/00207454.2021.1909010>
- Somsen, R. J. M., Van'T Klooster, B. J., Van Der Molen, M. W., Van Leeuwen, H. M. P., y Licht, R. (1997). Growth spurts in brain maturation during middle childhood as indexed by EEG power spectra. *Biological Psychology*, 44(3), 187–209. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(96\)05218-0](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(96)05218-0)
- Stapleton, P., Dispenza, J., McGill, S., Sabot, D., Peach, M., y Raynor, D. (2020). Large effects of brief meditation intervention on EEG spectra in meditation novices. *IBRO Reports*, 9, 290–301. <https://doi.org/10.1016/j.ibror.2020.10.006>
- Stave, E. A., De Bellis, M. D., Hooper, S. R., Woolley, D. P., Chang, S. K., y Chen, S. D. (2017). Dimensions of attention associated with the microstructure of corona radiata white matter. *Journal of Child Neurology*, 32(5), 458–466. <https://doi.org/10.1177/0883073816685652>
- Stephenson, K. R., Simpson, T. L., Martinez, M. E., y Kearney, D. J. (2017). Changes in mindfulness and posttraumatic stress disorder symptoms among veterans enrolled in mindfulness-based stress reduction: Mindfulness and PTSD. *Journal of Clinical Psychology*, 73(3), 201–217. <https://doi.org/10.1002/jclp.22323>
- Stevellink, R., Abramovic, L., Verkooijen, S., Begemann, M. J. H., Sommer, I. E. C., Boks, M. P., Mandl, R. C. W., Haren, N. E. M. van, y Vinkers, C. H. (2018). Childhood abuse and white matter integrity in bipolar disorder patients and healthy controls. *European Neuropsychopharmacology*, 28(7), 807–817. <https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2018.05.003>
- Tang, Y.-Y., Hölzel, B. K., y Posner, M. I. (2015). The neuroscience of mindfulness meditation. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(4), 213–225. <https://doi.org/10.1038/nrn3916>
- Tang, Y.-Y., Lu, Q., Geng, X., Stein, E. A., Yang, Y., y Posner, M. I. (2010). Short-term meditation induces white matter changes in the anterior cingulate. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(35), 15649–15652. <https://doi.org/10.1073/pnas.1011043107>
- Tang, Y.-Y., Tang, R., y Posner, M. I. (2013). Brief meditation training induces smoking reduction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(34), 13971–13975. <https://doi.org/10.1073/pnas.1311887110>
- Teicher, M. H., Glod, C. A., Surrey, J., y Swett, C. (1993). Early childhood abuse and limbic system ratings in adult psychiatric outpatients. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 5(3), 301–306. <https://doi.org/10.1176/jnp.5.3.301>
- Teicher, M. H., y Khan, A. (2019). Childhood maltreatment, cortical and amygdala morphometry, functional connectivity, laterality, and psychopathology. *Child Maltreatment*, 24(4), 458–465. <https://doi.org/10.1177/1077559519870845>

- Teicher, M. H., Samson, J. A., Anderson, C. M., y Ohashi, K. (2016). The effects of childhood maltreatment on brain structure, function and connectivity. *Nature Reviews Neuroscience*, 17(10), 652–666. <https://doi.org/10.1038/nrn.2016.111>
- Teicher, M. H., Samson, J. A., Sheu, Y.-S., Polcari, A., y McGreenery, C. E. (2010). Hurtful words: Association of exposure to peer verbal abuse with elevated psychiatric symptom scores and corpus callosum abnormalities. *The American Journal of Psychiatry*, 167(12), 1464–1471. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2010.10010030>
- Thatcher, R. W., North, D. M., y Biver, C. J. (2008). Development of cortical connections as measured by EEG coherence and phase delays. *Human Brain Mapping*, 29(12), 1400–1415. <https://doi.org/10.1002/hbm.20474>
- Travis, F. (2001). Autonomic and EEG patterns distinguish transcending from other experiences during Transcendental Meditation practice. *International Journal of Psychophysiology*, 42(1), 1–9. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(01\)00143-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(01)00143-X)
- Unal, M., O'Mahony, E., Dunne, C., Meagher, D., y Adamis, D. (2019). The clinical utility of three visual attention tests to distinguish adults with ADHD from normal controls. *Rivista di Psichiatria*, 54(5), 211–217. <https://doi.org/10.1708/3249.32185>
- Uytun, M. C., Karakaya, E., Oztop, D. B., Gengec, S., Gumus, K., Ozmen, S., Doğanay, S., Icer, S., Demirci, E., y Ozsoy, S. D. (2017). Default mode network activity and neuropsychological profile in male children and adolescents with attention deficit hyperactivity disorder and conduct disorder. *Brain Imaging and Behavior*, 11(6), 1561–1570. <https://doi.org/10.1007/s11682-016-9614-6>
- Verbruggen, F., y De Houwer, J. (2007). Do emotional stimuli interfere with response inhibition? Evidence from the stop signal paradigm. *Cognition & Emotion*, 21(2), 391–403. <https://doi.org/10.1080/02699930600625081>
- Verbruggen, F., Logan, G. D., y Stevens, M. A. (2008). STOP-IT: Windows executable software for the stop-signal paradigm. *Behavior Research Methods*, 40(2), 479–483. <https://doi.org/10.3758/BRM.40.2.479>
- Wechsler, D. (2005). *Escala Wechsler de inteligencia para niños-IV*. Manual Moderno.
- Weyandt, L. L., Willis, W. G., Swentosky, A., Wilson, K., Janusis, G. M., Chung, H. J., Turcotte, K., y Marshall, S. (2014). A review of the use of executive function tasks in externalizing and internalizing disorders. En S. Goldstein y J. A. Naglieri (Eds.), *Handbook of executive functioning* (pp. 69–87). Springer Science + Business Media. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8106-5_5
- Xia, Y., Wang, G., Xiao, L., Du, Y., Lin, S., Nan, C., y Weng, S. (2023). Effects of early adverse life events on depression and cognitive performance from the perspective of the heart-brain axis. *Brain Sciences*, 13(8), 1174. <https://doi.org/10.3390/brainsci13081174>
- Xu, P., Wu, D., Chen, Y., Wang, Z., y Xiao, W. (2020). The effect of response inhibition training on risky decision-making task performance. *Frontiers in Psychology*, 11, 1806. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01806>
- Zelazo, P. D. (2020). Executive function and psychopathology: A neurodevelopmental perspective. *Annual Review of Clinical Psychology*, 16(1), 431–454. <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-072319-024242>
- Zhang, Q., Wang, Z., Wang, X., Liu, L., Zhang, J., y Zhou, R. (2019). The effects of different stages of mindfulness meditation training on emotion regulation. *Frontiers in Human*

- Neuroscience*, 13, 208. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00208>
- Zhu, J., Lowen, S. B., Anderson, C. M., Ohashi, K., Khan, A., y Teicher, M. H. (2019). Association of prepubertal and postpubertal exposure to childhood maltreatment with adult amygdala function. *JAMA Psychiatry*, 76(8), 843. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2019.0931>

ANEXO A

Características de cada participante y su experiencia de maltrato infantil (además del abuso sexual) y tipo de perpetrador

	Edad	Sexo	CI-E	Otros tipos de maltrato	Tiempo de institucionalización	Persona que infringió ASI
1.	14	F	88	Abuso físico y psicológico	1 año	Padre y tío
2.	16	F	76	Abuso físico, psicológico y negligencia	3 años	Padre adoptivo y tío
3.	13	F	76	Abuso físico, psicológico, negligencia, vivió en zona de alta violencia, presencié actos violentos	2 años	Amigo
4.	17	F	85	Abuso físico, psicológico, negligencia, abandono	Desde meses de nacimiento	Padre adoptivo
5.	13	F	103	Abuso físico, psicológico y negligencia	6 meses	Padrastro
6.	16	F	79	Abuso físico, psicológico y negligencia	2 años	Tío
7.	14	F	70	Abuso físico, psicológico, negligencia	3 años	Se desconoce
8.	13	M	119	Abuso físico, psicológico, negligencia física y emocional, problemas psiquiátricos y de adicciones en la familia, acoso escolar	5 años	Padrastro
9.	15	M	97	Negligencia	9 años	Posiblemente compañeros/ mantuvo juegos sexuales con una prima
10.	12	M	106	Abuso físico, psicológico, negligencia y abandono	5 años	Posiblemente la pareja de su mamá
11.	12	M	97	Abuso físico y psicológico	4 años	Compañeros (juegos sexuales)

12.	13	M	91	Abuso físico, psicológico y negligencia	1 mes	Un familiar
13.	13	M	94	Abuso psicológico	4 años	Compañeros (juegos sexuales)
14.	12	M	103	Abuso físico, negligencia	1 mes	Se desconoce
15.	12	M	88	Abuso físico, psicológico y negligencia	6 años	Compañeros y/o trabajadores en una institución
16.	12	M	88	Abuso físico, psicológico y negligencia	1 año y medio	Compañeros
17.	15	M	-	Abuso físico y psicológico	En la casa actual 1 año, en la casa previa se desconoce.	Familiar

ANEXO B

Programa cognitivo conductual basado en Atención Plena

Semana	Sesión	Nombre de la sesión	Objetivos
1	1	La mente se puede entrenar	• Reflexionar sobre la importancia del estado de la mente en la vida cotidiana. • Conocer la importancia de un laboratorio mental. • Introducir al tema: alcance y jerarquía de metas.
	2	Practicando la atención plena	• Familiarizarse con el entrenamiento en meditación del tipo “atención plena” y conocer sus beneficios en cualquier contexto.
2	3	Piloto automático	• Reflexionar acerca de los errores ocasionados por estar en piloto automático.
	4	Responder vs reaccionar	• Aprender a responder de forma consciente en lugar de reaccionar de forma automática, reflexionando cómo las conductas de riesgo pueden ser perjudiciales.
3	5	Reconocer los tipos de pensamiento	• Reconocer el impacto que puede generar en el estado psicológico y la conducta al confundir los pensamientos con la realidad. • Conocer estrategias para reconocer estos pensamientos.
	6	Manejo de emociones y situaciones difíciles	• Utilizar la atención plena y el auto-cuidado para el manejo de emociones y la transformación de situaciones difíciles en retos.
4	7	Técnicas en manejo de estrés	• Explicar las consecuencias de los errores ¡Ups! y las formas para reducirlos. • Recordar la técnica STOP para disminuir errores.
	8	Nube mental	• Explicar la importancia de la nube mental (memoria de trabajo). • Entender como el STOP contribuye a la atención y a preservar la nube mental.

5	9	Definición de metas y visión general GMT	• Entrenamiento en técnicas de reducción de estrés y resolución de problemas.
	10	Orientación vocacional	• Identificar las cosas que nos desvían de los objetivos (descuidos, olvidos). • Aplicar la técnica STOP para promover la atención.
6	11	Toma de decisiones	• Identificar las reacciones emocionales que generadas cuando hay conflictos para alcanzar las metas. • Tomar decisiones.
	12	La importancia de las sub-metas	• Aprender a combatir la indecisión y el agobio dividiendo las metas en submetas o pasos. • Entender la importancia de alcanzar estos pequeños logros para lograr la meta final.
7	13	PARAR	• Entender la importancia de hacer del STOP un hábito para evitar errores.
	14	Cuidado de uno mismo	• Reconocer que, además de tener una relación con los demás, también la tenemos con nosotros mismos. • Ofrecer estrategias para transformar positivamente la forma en que nos tratamos a nosotros mismos.
8	15	Agradecer y disfrutar	• Entrenamiento con técnicas de meditación para identificar lo bueno que han recibido en la vida los participantes y con ello contrarrestar el sesgo natural de la mente hacia lo negativo y ver carencias.
	16	Revisión y retroalimentación	• Revisar lo que se ha logrado y lo que se está haciendo actualmente.



Control Inhibitorio en Patologías Neurológicas

Yaira Chamorro¹, Iliana Y. Sandoval-Villafañá¹, Ángelica Zuno-Reyes¹, Karina Pérez-Rubio¹ y Esmeralda Matute^{1,2}

¹Laboratorio de Laboratorio Neuropsicología y Neurolingüística, Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.

²Departamento de Estudios de Educación, CUCSH, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.

Nota de Autor

Yaira Chamorro  <https://orcid.org/0000-0003-0644-6452>

Ángelica Zuno-Reyes  <https://orcid.org/0000-0003-0085-2249>

Esmeralda Matute  <https://orcid.org/0000-0003-0118-9960>

Correspondencia relacionada a este artículo deberá dirigirse a Esmeralda Matute. Laboratorio Neuropsicología y Neurolingüística. Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Francisco de Quevedo #180, Col. Arcos Vallarta, CP 44130. Guadalajara, Jalisco, México. Teléfono: (+52) 337771150, ext. 33373. Correo electrónico: maria.matute@academicos.udg.mx

Resumen

La capacidad de detener conductas o pensamientos que resultan inadecuados en ciertas condiciones, permite la adaptación de las personas a distintos contextos, apegarnos a reglas o instrucciones, o bien, enfocarnos para alcanzar las metas que nos proponemos. Esta capacidad se conceptualiza como *control inhibitorio* y se ha propuesto que es la base de la autorregulación y la internalización de otras capacidades identificadas como las funciones ejecutivas. Las fallas recurrentes del control inhibitorio suelen manifestarse como conductas impulsivas, anticipadas o inadecuadas, y se han estudiado en trastornos que afectan el neurodesarrollo, como el Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH), pero también en patologías neurodegenerativas como la Enfermedad de Alzheimer (EA). El objetivo del presente artículo es situar al control inhibitorio como un aspecto relevante de patologías neurológicas que se presentan tanto en la infancia como en la adultez. En un primer momento analizaremos las definiciones de control inhibitorio. Posteriormente, describiremos los paradigmas utilizados para evaluar la inhibición del comportamiento. Finalmente, recapitularemos los hallazgos del control inhibitorio tanto en el TDAH como en la demencia de inicio temprano debida a la enfermedad de Alzheimer autosómica dominante (EAAD).

Palabras clave: control inhibitorio, Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad, enfermedad de Alzheimer autosómica dominante, evaluación neuropsicológica

Inhibitory Control in Neurological Pathologies

Abstract

The ability to stop behaviors or thoughts that are inappropriate under certain conditions, allows us to adapt to different contexts, to adhere to rules or instructions, or to focus on achieving the goals we set for ourselves. This capacity is conceptualized as *inhibitory control* and it has been proposed to be the basis for self-regulation and the internalization of other capacities identified as executive functions. Recurrent failures of inhibitory control usually manifest as impulsive, anticipatory or inappropriate behaviors, and have been analyzed in disorders affecting neurodevelopment such as Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) but also in neurodegenerative pathologies such as Alzheimer's Disease (AD). The aim of this article is to situate inhibitory control as a relevant aspect of neurological pathologies that occur both in childhood and in adulthood. First, we will analyze the definitions of inhibitory control. Subsequently, we will describe the paradigms used to assess behavioral inhibition. Finally, we will recapitulate the inhibitory control findings in both ADHD and early-onset dementia due to autosomal dominant Alzheimer's disease (ADAD).

Keywords: inhibitory control, Attention Deficit-Hyperactivity Disorder, autosomal dominant Alzheimer's disease, neuropsychological assessment

Control Inhibitorio en Patologías Neurológicas

“Just as music is about the spaces as well as the notes, behavior is about the actions we don’t make as well as the actions we do make.”
(Bompas et al., 2020, p. 524)

En 1866, Sir Thomas Lauder Brunton, médico escocés, definió el concepto de *inhibición* dentro del campo de la fisiología, como la supresión de algunas funciones de estructuras u órganos de forma temporal y con la posibilidad de reanudarlas posteriormente, a diferencia del estado de parálisis en el cual las funciones se abolen por completo (en Bari y Robbins, 2013). En la actualidad, este concepto es ampliamente utilizado en las Ciencias del Comportamiento, con una acepción que incorpora la temporalidad, pero a diferencia de lo dicho por Brunton, lo que se inhibe no son funciones celulares normales sino intrusiones o situaciones que interfieren en la eficacia de nuestra actividad. Así, el *control inhibitorio* se define como la capacidad de suprimir acciones o pensamientos no deseados que resultan incompatibles con los objetivos planteados o con circunstancias específicas del entorno (Polner et al., 2005; Roberts et al., 2011), por ejemplo, reír a carcajadas ante una tragedia. Esta capacidad, identificada como un componente de las *funciones ejecutivas* (Miyake et al., 2000; Nigg, 2000), ha sido asociada con circuitos que comprenden a la corteza prefrontal y estructuras de los ganglios basales como el núcleo caudado y el núcleo accumbens (Ojha et al., 2022).

El control inhibitorio es relevante para el funcionamiento de los individuos a lo largo de la vida. Durante la niñez y adolescencia, la capacidad de inhibir es importante para aprender a seguir reglas o instrucciones que implican suprimir acciones en marcha o impulsos; por ejemplo, aprender a detener nuestra marcha ante una calle y fijarnos antes de cruzarla. En el contexto escolar, inhibir distractores les permite a los estudiantes enfocarse para concluir sus tareas y mantener un rendimiento constante de sus actividades académicas. En la adultez, la supresión de ciertas conductas permite mantener una buena convivencia o funcionamiento en ámbitos laborales (e.g., evitar interrumpir a otras personas cuando están hablando o exponiendo) y favorecen la convivencia en espacios públicos (e.g., evitar subir la voz cuando estamos en cines o bibliotecas).

Algunos trastornos de neurodesarrollo como el Trastorno por Déficit de Atención (Fernández-Ruiz et al., 2020; Goto et al., 2010) o el Síndrome de Tourette (Fan et al., 2018; Jackson et al., 2015) se caracterizan por presentar fallas en la inhibición de conductas de niños y adolescentes, así como por presentar conductas impulsivas que incluso pueden persistir hasta la adultez (Nigg et al., 2002), afectando el desempeño académico, laboral o las relaciones interpersonales. Otras patologías que inician en etapas adultas o durante el envejecimiento, como las demencias, también afectan esta capacidad de controlar flexiblemente nuestro comportamiento (Udin, 2021) lo que dificulta la adaptación a situaciones cambiantes del ambiente.

Conceptualización del Control Inhibitorio

En el campo de la Neuropsicología, el control inhibitorio se ha definido desde diferentes modelos o posturas teóricas, las más clásicas de Logan y Cowan (1984), Posner y Cohen (1984), Barkley (1997) y Nigg (2001) y otras más recientes de Aaron (2011) y Bari y Robbins (2013).

Una de las clasificaciones elementales es la distinción entre la inhibición cognitiva y la motora. En la revisión que hacen Bari y Robbins sobre impulsividad y control inhibitorio (2013) mencionan que la inhibición cognitiva implica detener procesos mentales de forma voluntaria o involuntaria mientras que la inhibición de respuestas motoras generalmente tiene un carácter voluntario. Dentro de la inhibición cognitiva, Posner y Cohen (1984) identifican a la inhibición de retorno como la tendencia a evitar regresar la mirada hacia regiones del campo visual previamente atendidas. Este tipo de inhibición implica una correspondencia entre la atención visual y los movimientos oculares, y facilita el escaneo de ubicaciones novedosas en el entorno. Además, se resalta la importancia del control inhibitorio en aspectos meramente cognitivos, ya que los autores postulan que la información irrelevante no necesariamente se ignora pasivamente, sino que se suprime activamente (Bari y Robbins, 2013).

Otro modelo usualmente referido en la evaluación neuropsicológica clínica o en laboratorio es el propuesto por Barkley (1997), quien abarca aspectos tanto motores como cognitivos. Define al control inhibitorio con base en tres procesos interconectados: la inhibición de respuestas preponderantes, la inhibición de respuestas en marcha y el control de la interferencia. La inhibición de respuestas preponderantes implica la supresión de respuestas previamente adquiridas y que son las más probables que una persona repita. La inhibición de respuestas en marcha permite suspender una respuesta que ya se estaban ejecutando pero que deben cancelarse ante la aparición de una señal de alto. Este elemento coincide con el modelo previo de Logan y Cowan (1984), quienes describen la inhibición de respuestas ante señales de alto. El control inhibitorio se explica como el resultado de una competencia entre los procesos relativos a los pensamientos o acciones que se están realizando y los procesos relativos a atender la señal de alto. El resultado de la competencia entre ellos determinará si se detiene o no la acción (Schachar y Logan, 1990). Finalmente, el control de la interferencia abarca aspectos principalmente cognitivos y se refiere a la supresión de estímulos distractores que dirigen a la persona a una respuesta diferente, que compite con la respuesta inicial, o que interfieren con las operaciones que se realizan (Nigg, 2000).

Nigg (2000) en su modelo de control inhibitorio, además de los aspectos cognitivos y motores considera también aspectos motivacionales. Clasifica al control inhibitorio en tres grandes grupos: los procesos de inhibición voluntarios (el control de la interferencia, la inhibición cognitiva asociada con la supresión de ideas no pertinentes para proteger las operaciones realizadas en memoria operativa o de atención, la inhibición conductual o supresión de respuestas automáticas o inapropiadas y la inhibición oculomotora), los procesos de inhibición automáticos (inhibición de retorno, negligencia o extensión) y los procesos relacionados con la motivación (inhibición como respuesta a claves de castigo y ante la novedad).

Más recientemente, Aron (2011), distingue dos mecanismos para la supresión de respuesta: el reactivo, en el cual el individuo detiene una respuesta ante la aparición de señales o pistas del contexto (e.g., las señales de tránsito que nos indican cuándo detener el avance de nuestros vehículos) y el proactivo en el cual el individuo se prepara para anticiparse a detener una acción futura inminente (e.g., evitar gastar dinero porque estamos ahorrando para comprar algo costoso). La inhibición proactiva implica mantener el objetivo o meta del individuo con la finalidad de enfocar los procesos cognitivos y seleccionar las respuestas pertinentes para alcanzarlos. Mientras que la inhibición reactiva, como su nombre lo dice, implica reaccionar ante estímulos externos sin planificación.

Paradigmas en investigación para evaluar el control inhibitorio en poblaciones clínicas

Conocer las distintas tareas que se han desarrollado para evaluar el control inhibitorio permite comprender un poco más las diferencias entre los distintos componentes de este constructo. Desde la perspectiva del modelo de Barkley, destacan tres paradigmas principales: las tareas denominadas Go/No-Go (Simmonds et al., 2008) para evaluar la inhibición de respuestas preponderantes, las tareas de Stop Signal o Señal de Alto (Aron et al., 2007) para evaluar la inhibición de respuestas en marcha y la tarea de Stroop (Egner y Hirsch, 2005) para evaluar el control de la interferencia.

Las tareas Go/No-Go están diseñadas para evaluar la capacidad de retener o suprimir una respuesta antes de que ésta inicie (Eagle et al., 2008). Los participantes son entrenados para responder ante la presentación de los estímulos objetivo o “Go” (generalmente presionando un botón o una tecla en la computadora ante la aparición del estímulo en la pantalla) y no responder cuando aparezca otro tipo de estímulos denominados “No-Go” que suelen diferir en color, forma u otras características. Generalmente hay una mayor cantidad de estímulos “Go” para favorecer la tendencia de responder ante el estímulo objetivo, y generar un mayor esfuerzo para suprimir la respuesta ante la aparición esporádica de los estímulos “No-Go” (Simmonds et al., 2008). Las principales medidas que se desprenden de estas tareas son el porcentaje de respuestas exitosamente inhibidas, los errores de comisión (respuestas ante estímulos “No-Go”) y los errores de omisión (no responder ante estímulos “Go”) (Eagle et al., 2008). Esta tarea se considera como una evaluación del control inhibitorio proactivo, especialmente cuando el estímulo objetivo se presenta por tiempo suficiente para identificar sus características e iniciar o retener la respuesta dependiendo de su color, forma, etc. No obstante, cuando el tiempo es muy breve, pudiera fungir como una tarea de inhibición reactiva en la que se cancela una respuesta que ya había comenzado.

El paradigma de señal de alto (más conocida por su nombre en inglés: “Stop Signal”) evalúa la capacidad de interrumpir una respuesta u operación mental cuando ésta ya se estaba ejecutando (Eagle et al., 2008). En este tipo de tareas también se instruye a la persona para que respondan ante la aparición de estímulos “Go” que, en algunos ensayos, va seguido de una señal visual o auditiva ante la cual, el individuo debe cancelar la respuesta que ya estaba por emitir (Aron et al., 2007; Roberts et al., 2011). Al incrementar sistemáticamente el tiempo de aparición de la señal de alto, se incrementa la dificultad para cancelar la respuesta. Estas variaciones metodológicas permiten calcular la variable del tiempo de reacción ante la señal de alto ([SSRT], por sus siglas en inglés), un parámetro estimado a partir del tiempo que le tomó a la persona atender, procesar y completar un proceso de inhibición ante una señal de parada (Eagle et al., 2008).

Los paradigmas tipo Stroop permiten evaluar la capacidad para controlar la interferencia de estímulos o de información no relevante para la ejecución de alguna actividad. En esta tarea se leen una serie de palabras en distintas condiciones: de lectura o neutra (nombres de colores escritos en letras negras), congruente (nombres de colores impresos con tintas del mismo color: la palabra “rojo” impresa con letras rojas), incongruente (nombres de colores impresos en colores diferentes al que representan: la palabra “rojo” impresa en letras azules). Dado que, en las condiciones congruente e incongruente, la instrucción es nombrar el color en que están impresas las letras, la tendencia preponderante a leer la palabra (en personas alfabetizadas) interfiere con la instrucción de nombrar el color de las letras cuando estos no coinciden. Se conoce como

“Efecto Stroop” al hecho de que una persona tarda más tiempo y comete más errores cuando tiene que nombrar palabras incongruentes que cuando nombra las congruentes (Huang et al., 2020; McLeod, 1991; Nigg, 2000;). Esta tarea es quizás una de las medidas de control de interferencia más citadas en la literatura de psicopatología.

Las tareas antisacádicas, que se realizan con equipos de rastreo ocular, han sido diseñadas para evaluar la respuesta automática de dirigir la mirada ante estímulos que aparecen en nuestro campo visual, y en su lugar, generar una sácada (desplazamientos rápidos de nuestros ojos para cambiar el foco de atención) en la dirección opuesta a donde no hay ningún estímulo (Dafoe et al., 2007). Roberts et al. (2011) refieren que la medición de la respuesta oculomotora tiene ventaja frente a la medición de otras modalidades de respuesta, puesto que los participantes no tienen que adquirir la respuesta automática, las respuestas oculomotoras ya son automáticas o preponderantes. Si bien, esta tarea puede ser identificada como una variante de las tareas de inhibición de repuesta preponderante como la tarea de Go/No-Go, Nigg (2000) la identifica como un tipo de inhibición diferente pues su ejecución involucra conexiones hacia regiones cerebrales adicionales, como son los Campos Oculares Frontales y los Campos Oculares Suplementarios del lóbulo frontal. Además, los equipos de rastreo ocular proporcionan métricas sobre cada movimiento sacádico realizado como su amplitud y velocidad que también dan cuenta de la eficiencia de la respuesta.

La tarea de flancos (Eriksen y Eriksen, 1974) permite evaluar la capacidad de enfocar la atención en un estímulo específico independientemente de los elementos que lo rodean. Los estímulos suelen ser conjuntos de letras o de flechas y la instrucción es responder ante el estímulo que se encuentra en el centro del conjunto. En la versión con flechas, si la flecha central indica hacia la derecha, se debe responder hacia la derecha y viceversa. Se presentan distintas condiciones: compatibilidad (cinco flechas apuntando hacia el mismo lado) e incompatibilidad (la flecha central indica hacia la derecha, pero las flechas que le preceden y anteceden indican hacia la izquierda). Se ha reportado que las respuestas son más lentas y menos precisas en la condición de incompatibilidad (Servant y Logan, 2019) lo que indica la dificultad para suprimir el procesamiento de los elementos circundantes. Por lo cual también podría considerarse como una tarea de control de la interferencia.

Otros puntajes además del tiempo de reacción o ejecución que son complementarios a las medidas de acierto y error, reflejan fallas en control inhibitorio y a su vez, contribuyen tanto al aumento en el tiempo de ejecución, como en la disminución de la eficacia para completar una tarea. Las omisiones, comisiones e intrusiones (El Haj et al., 2018; Tirado et al., 2008) son algunos ejemplos de este tipo de medidas complementarias, por lo que es recomendable analizarlas tanto en clínica como en investigación para ampliar la descripción de los rasgos cognitivos presentes en quienes tienen condiciones de origen neuronal desde el desarrollo, o adquiridas a lo largo de la vida.

Si bien, se cuenta con distintos paradigmas para la evaluación de las funciones ejecutivas en general y del control inhibitorio en particular que pretenden explorar la integridad de los procesos cerebrales que les subyacen a partir del correcto desempeño en las tareas, se critica que, en ocasiones, los puntajes aislados en estas tareas no corresponden con fallas en situaciones de la vida diaria donde el proceso de inhibición se manifiesta en interacción con fallas en otros procesos cognitivos, lo que se conoce como falta de validez ecológica de las tareas (Burgess et al., 1998).

Para mitigar la limitada validez ecológica de las tareas neuropsicológicas de laboratorio, tanto en investigación como en clínica, estas tareas suelen aplicarse junto con cuestionarios o que buscan indagar sobre el control inhibitorio o rasgos de impulsividad en situaciones cotidianas o de la vida diaria. Los instrumentos más comunes son los cuestionarios de auto-reporte, tales como Evaluación Conductual de la Función Ejecutiva ([BRIEF-2]; Gioia et al., 2015), la Escala de Impulsividad de Barrat ([BIS-11]; Patton et al., 1995) o el Inventario de Conducta de Niños de Achenbach ([ASEBA]; Achenbach y Rescorla, 2004). Estos cuestionarios incluyen preguntas sobre distintos comportamientos, algunos de ellos relacionados con el control inhibitorio. Un informante que puede ser la propia persona evaluada, en el caso de adultos, o el padre o tutor, en caso de población infantil, debe identificar si cada conducta se presenta o no y con qué frecuencia. Generalmente se emplean escalas tipo Likert para puntuar la frecuencia de presentación de las conductas indagadas. Por ejemplo, en el cuestionario de Achenbach y Rescorla (2004), cada conducta se puntúa con una escala del 0 al 2, donde 0 = nunca, 1 = algunas veces y 2 = frecuentemente o casi siempre. Las puntuaciones de estas escalas suelen corresponder con las puntuaciones obtenidas en las tareas cognitivas, aunque dicha asociación varía dependiendo si se evalúa poblaciones típicas o clínicas. Además, es pertinente considerar el efecto de otras variables que interactúan con la eficacia en la realización de tareas que miden las funciones ejecutivas y el control inhibitorio, como la edad, escolaridad, nivel socioeconómico, prácticas parentales, exposición a estresores, entre otros (Lawson et al., 2018).

El Control Inhibitorio en Dos Patologías

En este artículo abordamos hallazgos del control inhibitorio reportados en dos patologías neurológicas con orígenes muy distintos. Una de ellas que se presenta desde la niñez, el TDAH y es de origen multifactorial, es decir que en su etiología se identifican factores de riesgo tanto ambientales como genéticos (Thapar y Cooper, 2016). La otra patología es la enfermedad de Alzheimer autosómica dominante, derivada de mutaciones genéticas específicas que determinan el curso progresivo del deterioro neurológico en la adultez manifestado como demencia de inicio temprano (Bateman et al., 2011).

Hallazgos del Control Inhibitorio en el TDAH

Con una prevalencia global de 5.9% en niños y adolescentes (Faraone et al., 2021) y de 2.58% en adultos (Song et al., 2021), el TDAH es uno de los trastornos de neurodesarrollo más frecuentemente diagnosticados. Los sistemas de clasificación nosológica, como el Manual Diagnóstico de los Trastornos Mentales (DSM-5) (American Psychiatric Association [APA], 2014) y la Clasificación Internacional de Enfermedades 11 (CIE-11) (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2019/2021), han definido al TDAH de acuerdo con criterios comportamentales basados en observaciones de informantes (Drechsler et al., 2020). El DSM-5 enlista 18 síntomas para el diagnóstico del TDAH que se dividen en nueve de inatención y nueve de hiperactividad impulsividad que deben estar presentes en dos o más ambientes desde antes de los 12 años, durante al menos seis meses y que afectan de forma significativa el funcionamiento social, académico, laboral u ocupacional. El CIE -11 (OMS, 2019/2021) define al TDAH como un patrón persistente (al menos seis meses) de inatención e hiperactividad/impulsividad que sobrepasa los límites de la variación esperada para individuos de la misma edad y nivel intelectual. En su versión más reciente, enlista síntomas que se asemejan a los propuestos por el DSM-5.

En las últimas décadas, se ha realizado una búsqueda exhaustiva de marcadores biológicos, cognitivos u otros criterios que permitan superar la subjetividad del reporte de informantes o auto reporte e identificar con mayor precisión a las personas con el trastorno. Se ha reportado que además de la presencia de los síntomas de inatención, hiperactividad e impulsividad, el TDAH implica alteraciones en distintos procesos cognitivos, particularmente en las funciones ejecutivas (Linhartová et al., 2021). Dado que la inhibición del comportamiento es un elemento central del control ejecutivo (Diamond, 2013), investigaciones clásicas en las neurociencias cognitivas sobre TDAH proponen a la falla en el control inhibitorio como el componente clave del trastorno (Barkley, 1997; Nigg, 2001). Las personas con TDAH suelen presentar fallas en distintos componentes del control inhibitorio, tanto en la inhibición cognitiva como en la motora (Bari y Robbins, 2013), desde la inhibición automática hasta la inhibición voluntaria (Nigg, 2002). Esta propuesta se respalda con hallazgos consistentes de que las personas con TDAH muestran un desempeño menos preciso, más lento, o más variable en tareas control inhibitorio en comparación con población típica de la misma edad (Hadas et al., 2021; Linhartová et al., 2021; Silverstein et al., 2020).

Respecto a la inhibición de respuestas preponderantes, generalmente evaluada a través de tareas tipo Go/No-Go, se ha observado que las personas con TDAH tienden a cometer una mayor cantidad de errores y reportar una mayor variabilidad en sus ejecuciones en comparación con controles típicos (Manoli et al., 2021; Münger et al., 2022). Estos autores han interpretado sus resultados como evidencia de las dificultades que presentan las personas con TDAH para suprimir o cancelar respuestas inapropiadas, o para mantener un nivel de ejecución constante a lo largo del tiempo. En la tarea Stop Signal, que evalúa principalmente la capacidad para interrumpir respuestas en marcha, se han observado mayores tiempos de inhibición ([SSRT], por sus siglas en inglés) de respuestas en personas con TDAH al compararlas con controles típicos; lo anterior podría indicar que las personas con TDAH tienen dificultades para regular o interrumpir sus acciones o pensamientos una vez que han comenzado (Chevrier y Schachar, 2020; Senkowski et al., 2023). A través de la tarea de Stroop, utilizada para evaluar el control de interferencia, se ha observado que personas con TDAH cometen más errores y tienen mayores tiempos de reacción en la condición de incongruencia al compararlos con población típica, lo cual se ha interpretado como una dificultad para controlar la interferencia de estímulos o información no relevante (Dos Santos Afonso Junior et al., 2023; Vakil et al., 2019).

Los paradigmas oculomotores, incluidos en el modelo de Nigg (2000) también aportan evidencia sobre fallas en la inhibición de respuestas preponderantes en las personas con TDAH. La ejecución en tareas antisacádicas de las personas con TDAH suele caracterizarse por reportar tiempos de reacción mayores y más variables y un elevado porcentaje de errores de dirección en comparación con los controles (Fernandez-Ruiz et al., 2020; Siqueiros Sanchez et al., 2020).

De hecho, algunas medidas que se desprenden de las evaluaciones de control inhibitorio se han propuesto como endofenotipos del TDAH, es decir, como procesos que permiten establecer una relación entre los genes de riesgo del trastorno y la expresión de características comportamentales específicas (Castellanos y Tannock, 2002). Se busca que los endofenotipos sean características objetivamente cuantificables, que permitan superar la imprecisión y heterogeneidad de los criterios diagnósticos psiquiátricos (Ertekin-Taner, 2011). Entre las medidas propuestas como endofenotipos del TDAH se encuentran los errores cometidos en las tareas de control inhibitorio óculomotor (Mahone et al., 2009; Rommelse et al., 2008; Van der

Stigchel et al., 2007) que han mostrado una importante influencia genética (Iacono y Malone, 2011) y que incluso se han observado en familiares de personas con TDAH, aunque ellos no presenten el trastorno (Chamorro et al., 2020; Rommelse et al., 2008).

Estudios de neuroimagen han propuesto que el déficit inhibitorio en el TDAH se encuentra asociado con alteraciones estructurales y funcionales en los circuitos fronto-estriatales (circuitos que conectan regiones frontales de la corteza cerebral y los ganglios basales) y frontoparietales (circuitos que conectan regiones de la corteza frontal con la parietal) (da Silva et al., 2023; Hoogman et al., 2019; Pereira-Sanchez y Castellanos, 2021). Las personas con TDAH suelen mostrar distintos patrones de activación cerebral al realizar tareas que involucran los distintos componentes del control inhibitorio (Dos Santos Afonso Junior et al., 2023). La inhibición de respuestas preponderantes se ha vinculado con la activación de regiones como el giro frontal inferior (Borgomaneri et al., 2020; Schaum et al., 2021) y sus conexiones con los ganglios basales (Aron et al., 2014). Dos Santos Afonso Junior et al., (2023) encontraron que alteraciones en la activación de corteza prefrontal dorsolateral, el giro frontal inferior y regiones ténpo-ro-parietales en TDAH se asociaban con un desempeño deficiente en tareas de control de interferencia. Las dificultades para interrumpir respuestas en marcha en personas con TDAH podrían ser explicadas por alteraciones en la activación y desactivación del giro frontal inferior dependiendo de la condición de la tarea (Schall et al., 2017). Y finalmente, la incorrecta ejecución de las personas con TDAH en las tareas sacádicas se encuentra asociada con alteraciones en la activación de la corteza prefrontal dorsolateral (Fernandez-Ruiz et al., 2020) y los ganglios basales (Watanabe y Munoz, 2011).

En general, los hallazgos comportamentales, de neuroimagen estructural y funcional confirman la implicación que tienen las fallas en el control inhibitorio en la expresión del TDAH y su relevancia como un posible marcador cognitivo a tener en cuenta tanto en la investigación como en la práctica clínica.

Hallazgos del Control Inhibitorio en la Enfermedad de Alzheimer Autosómica Dominante (EAAD).

La enfermedad de Alzheimer (EA) es un trastorno neurodegenerativo que se caracteriza por el deterioro progresivo, lento pero firme, de las capacidades mentales, identificado principalmente como dificultades relacionadas con la memoria, al grado de interferir en la realización autónoma de las actividades cotidianas (Knopman et al., 2021). La EA se manifiesta con mayor frecuencia en población de adultos longevos por causas esporádicas multifactoriales, en donde confluyen factores biológicos (incluyendo el efecto simultáneo de múltiples genes) y factores ambientales como el aumento en la edad, grado de involucramiento social, salud cardiovascular, escolaridad, entre otros (Zhang et al., 2021). Dependiendo de los circuitos cerebrales que se encuentren afectados por la patología de la EA, el declive en memoria puede observarse concomitante a fallas en otros dominios cognitivos (Whitwell, 2024). En otros casos, la disminución funcional se desarrollará con predominancia de síntomas no amnésicos, referidos en la literatura como presentaciones atípicas de EA, que incluye perfiles cognitivos disejecutivos; con dificultades visuoespaciales, en el lenguaje, motoras, conductuales o neuropsiquiátricas, generando así un cuadro clínico variable que complejiza el diagnóstico y la diferenciación con otros padecimientos neurológicos (APA, 2013; Ryan y Rossor, 2010).

En un pequeño porcentaje (entre el 1-5 %) de todos los casos de EA, los síntomas de demencia se presentan con un inicio temprano, antes de los 65 años debido, la mayoría de las veces, a la transmisión de una mutación genética por leyes de herencia Mendeliana autosómica dominante, lo que significa que basta con heredar del padre o madre una copia de la mutación para desarrollar la enfermedad (Ringman y Coppola, 2013). Por ejemplo, en el caso de una pareja compuesta por una persona sin la mutación y la otra, portadora de un gen mutado, quien a lo largo de su vida manifestará la enfermedad, tienen el 50% de probabilidades de transmitir la mutación cada vez que nace uno de sus hijos y, por lo tanto, que ese hijo desarrolle síntomas de demencia por EA prematuramente en la adultez. Esta causa rara en cuanto a su frecuencia en la población se conoce como enfermedad de Alzheimer autosómica dominante (EAAD) (Bateman et al., 2011). Dado el componente genético que es determinante en esta causa de la enfermedad, se requiere de la participación de un especialista en genética humana y la realización de un examen genético para la confirmación del estatus de portador o no portador (Goldman, 2012; Goldman et al., 2011).

Los genes identificados como objetivo de las mutaciones de alta susceptibilidad para el desarrollo de la EAAD son el gen de la proteína precursora de amiloide (*APP*), el gen de la presenilina 1 (*PSEN1*) y el de presenilina 2 (*PSEN2*) (Bateman et al., 2012). Algunos casos aislados reportados en la literatura no desarrollan la enfermedad aun cuando son portadores del gen mutado; cuando esto sucede es debido a la presencia de otro gen que interactúa con un efecto conocido como “protector” (Sepulveda-Falla, 2023).

En México (Llibre-Guerra et al., 2022), el *Dominantly Inherited Alzheimer Network* (DIAN) reporta la presencia en la población de 6 mutaciones en *PSEN1* y desde nuestro laboratorio, reportamos además una mutación en *APP* (Zuno-Reyes et al., 2023). De las mutaciones identificadas en México, dos se ubican en el estado de Jalisco, la *PRESEN1*_{A431E} y *APP*_{V717I}.

El estudio con individuos que manifiestan EAAD permanece como un modelo adecuado para caracterizar los cambios biológicos y cognitivos en la EA esporádica desde etapas preclínicas hasta las etapas sintomáticas (Morris et al., 2022). Los cambios neuronales provocados por la EA pueden identificarse desde décadas antes que el inicio de los síntomas de deterioro cognitivo con biomarcadores específicos en el análisis de líquido cefalorraquídeo, tomografía por emisión de positrones, plasma, imagen por resonancia magnética y tareas neuropsicológicas (Luckett et al., 2023). El aumento en la evidencia de neuropatología a través de los biomarcadores de EA correlaciona con el avance continuo en la gravedad de síntomas cognitivos, que va desde la ausencia de estos síntomas en una etapa preclínica hasta la incapacidad para efectuar actividades tanto instrumentales como básicas de la vida diaria (Bateman et al., 2012). Identificar a los individuos que tienen alto riesgo de desarrollar demencia antes del inicio de los síntomas de impedimento funcional favorece en la eficacia de su intervención terapéutica (Johns et al., 2012).

Con relación a la evaluación neuropsicológica en la EA, se cuenta con diversas pruebas de tamizaje, baterías y cuestionarios. El Consorcio para el Establecimiento de un Registro para la Enfermedad de Alzheimer ([CERAD], por sus siglas en inglés) incluye pruebas de lápiz y papel diseñadas para detectar el deterioro de los dominios cognitivos más vulnerables ante la distribución cerebral de la patología de la EA (Fillenbaum y Mohs, 2023). Esta batería tiene traducciones y estandarizaciones realizadas en diversos países, entre ellos, en Colombia con la elaboración del CERAD-Col (Aguirre-Acevedo et al., 2016) y a partir de esta versión

Latinoamericana, la batería fue adaptada y estandarizada en México con el CERAD-MX (Zuno-Reyes et al., 2023). Para recabar información sobre el estado de funcionalidad de la persona se utilizan cuestionarios semiestructurados como el *Clinical Dementia Rating* ([CDR], por sus siglas en inglés; Morris, 1993) que cuenta con versiones en español adaptadas para diferentes países de habla hispana, evaluando distintas áreas, como el rendimiento de la memoria, orientación, solución de problemas, vida comunitaria y hogareña, así como cuidados personales. Con frecuencia, se utilizan cuestionarios diseñados en escala Likert aplicadas por un evaluador o como autorreporte y se refuerzan con la administración de las preguntas a un informante para indagar sobre la funcionalidad y la presencia de posibles síntomas neuropsiquiátricos, dado que el criterio de declive funcional en actividades de la vida diaria es necesario para el diagnóstico de demencia (APA, 2013; Sikkes et al., 2011).

En etapas iniciales de la EA se identifican, además de dificultades sutiles en aprendizaje y memoria, fallas en atención, velocidad de procesamiento, así como en la inhibición de respuestas, incluidas la habilidad para completar efectivamente tareas duales de atención dividida al tener que controlar el tipo de información y de respuesta generada que corresponda a cada tarea; para suprimir una respuesta preponderante y en el control de los movimientos oculares sacádicos (Baddeley et al., 2001; Crawford et al., 2015; Twamley et al., 2006).

En el caso específico del control inhibitorio, considerada una de las tres funciones ejecutivas básicas (Nigg, 2000), en pacientes con EA que manifiestan síntomas con gravedad leve se observa dificultad para detenerse a reflexionar una respuesta, por ejemplo, ante la pregunta ¿Dónde dejaste las naranjas que compré? la persona puede contestar: ahí donde las dejé; es decir da “la primera respuesta que se le viene a la cabeza” sin monitorear si lo emitido favorece a la demanda en curso. Las fallas para sostener la atención en un estímulo ante la presencia de un distractor son recurrentes; por ejemplo, al ver una revista y escuchar el timbre del teléfono simultáneamente, la persona desvía inmediatamente la atención al teléfono y no regresa su mirada ni su atención a la revista, cambiando de actividad a otra que no antecedió y permaneciendo en ella. Estas fallas se hacen más notorias en casos graves. MacPherson et al., (2012) encuentran que en familiares en riesgo de ser portadores de la mutación *PSEN1*_{E280A}, la aplicación de una tarea dual fue más sensible que las tareas de memoria episódica para diferenciar a portadores de los no portadores.

Las personas con EA pueden presentar una menor inhibición conductual al compararlas con personas neurotípicas, lo que conlleva a comportamientos desinhibidos que no corresponden al contexto social, como quitarse la ropa en cualquier lugar porque se tiene calor, o se generan expresiones verbales fuera de lugar que pueden llegar a ser jocosas o hirientes para los demás. Las personas con EA muestran mayor irritabilidad ante una contrariedad e impaciencia ante los retardos, con dificultad para controlar las respuestas conductuales que la incomodidad les genera. La toma de decisiones impulsivas también es un reflejo de conductas desinhibidas que puede poner en riesgo la seguridad del paciente o la de los demás; por ejemplo, atravesarse la calle sin detenerse a voltear porque le apeteció comer del pan que venden del otro lado de la calle, acción que se ejecuta sin considerar consecuencias. Medina et al. (2021) incluyen a portadores de la mutación *PSEN1*_{A431E} y *APP*_{V717I} a quienes aplican tareas computarizadas de velocidad en la toma de decisiones y memoria operativa. Encuentran que los puntajes de acierto obtenidos por portadores y no portadores son similares, no obstante, los portadores ejecutan las

tareas con mayor lentitud, lo que se acentúa conforme los participantes avanzan en edad y se acercan al estimado de inicio de los síntomas cognitivos.

La presencia de errores intrusivos, los cuales implican la reaparición inapropiada de una respuesta que corresponde a información de tareas previas aplicadas de entre un conjunto de pruebas y que no corresponde a la respuesta apropiada para la solución en curso es otra manifestación cognitiva relacionada con fallas en el control inhibitorio (Loewenstein et al., 1989). Tirado et al., (2008) encuentran que la cantidad de errores intrusivos en la tarea de Aprendizaje de un Listado de Palabras del CERAD-Col diferencian entre portadores clínicos, preclínicos y no portadores de la mutación *PSEN1*_{E280A} siendo los portadores preclínicos quienes cometen un mayor número de este tipo de errores. La presencia de errores intrusivos puede trasladarse, en personas con demencia, hacia la manifestación de algunos síntomas neuropsiquiátricos, como delirios y alucinaciones, donde se hipotetiza que la persona presenta incapacidad para suprimir algunos recuerdos redundantes o irrelevantes provenientes de la memoria y para suprimir la distracción generada por estos recuerdos, de tal forma que los pensamientos intrusivos, repetitivos y no deseados interfieren en el estado de consciencia de la persona (El Haj et al., 2017).

En el laboratorio de Neuropsicología y Neurolingüística comenzamos en el año 2015 el trabajo colaborativo con integrantes de familias jaliscienses en riesgo de ser portadores de las mutaciones *PSEN1*_{A431E} o *APP*_{V717I}, con la finalidad de obtener datos acerca de manifestaciones cognitivas desde la etapa preclínica de la EAAD en un seguimiento longitudinal que permanece vigente. En los estudios realizados encontramos que, al agrupar a los participantes en portadores y no portadores de cada mutación, así como en la comparación entre ambos grupos de portadores (*PSEN1*_{A431E} vs. *APP*_{V717I}), se presentan rasgos cognitivos distintos reflejados en medidas específicas, donde el grupo de *PSEN1*_{A431E} presentan fallas en tareas de memoria que son características en el estudio de la EA, como el recuerdo diferido de un listado de palabras. Así mismo, ambos grupos de portadores preclínicos presentan dificultades en el control inhibitorio que no se reflejan directamente en tareas que pretenden evaluar esta función (por ejemplo, el Stroop o el Go/No-Go), sino en otros puntajes complementarios como falsos positivos y omisiones en la tarea de N-Back tanto con estímulos verbales como visuales, reconocida esta tarea como un paradigma que evalúa la memoria operativa, lo que refuerza la necesidad por continuar el estudio dentro de la investigación neuropsicológica en la EA de otros procesos y medidas cognitivas además de los convencionales que indagan en el desempeño en memoria.

En conclusión, el control inhibitorio es uno de los componentes ejecutivos que nos permite adaptarnos de forma flexible a nuestro entorno y alcanzar objetivos propuestos. Distintas patologías de origen neuropsiquiátrico muestran patrones específicos de fallas en este componente. Las personas con TDAH tienden a reportar, en tareas que demandan el control inhibitorio, una menor cantidad de aciertos, tiempos de reacción más variables y una mayor cantidad de respuestas perseverantes o anticipatorias. Este patrón de ejecución se interpreta como una incapacidad para suprimir respuestas en función de las demandas cambiantes de nuestro contexto, que puede interferir con actividades del ámbito escolar, laboral o personal, que se vincula con una actividad cerebral distinta en las personas con TDAH en contraste con las personas con desarrollo típico. Dado que la presencia de fallas en el control inhibitorio en específico, se reportan ante la presencia de ciertos polimorfismos en genes de riesgo asociados

con el TDAH, se han propuesto a éstas como características a considerar para identificar este trastorno.

Ahora bien, las fallas en el control inhibitorio observadas en etapa preclínica tanto en la EA esporádica como en la EAAD se presentan sin interferir con las actividades cotidianas y pueden detectarse en la evaluación neuropsicológica con hallazgos que no reflejan una disminución en los aciertos, pero sí en la eficacia con la que se obtienen dichos aciertos, por ejemplo, en los errores intrusivos, falsos positivos, omisiones o en el aumento en el tiempo de reacción. Conforme la persona avanza en gravedad de síntomas, la disfunción en el control inhibitorio puede incluso manifestarse en síntomas neuropsiquiátricos que interactúan con un deterioro cognitivo generalizado, impidiendo gradualmente que la persona se desenvuelva de manera autónoma y requiriendo del apoyo de un cuidador para la solución de las actividades rutinarias. La detección de la trayectoria en las fallas del control inhibitorio permite estimar la etapa y gravedad de los síntomas tanto cognitivos como conductuales de la persona con EA o EAAD.

Referencias

- Achenbach, T. M., y Rescorla, L. A. (2004). The Achenbach system of empirically based assessment (ASEBA) for ages 1.5 to 18 years. En M. E. Maruish (Ed.), *The use of psychological testing for treatment planning and outcomes assessment: Instruments for children and adolescents* (3a. ed., pp. 179–213). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Aguirre-Acevedo, D. C., Lopera, F., Henao, E., Tirado, V., Muñoz, C., Giraldo, M., Bangdiwala, S. I., Reiman, E. M., Tariot, P. N., Langbaum, J. B., Quiroz, Y. T., y Jaimes, F. (2016). Cognitive decline in Colombian kindred with autosomal dominant Alzheimer disease: A retrospective cohort Study. *JAMA Neurology*, 73(4), 431–438. <https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2015.4851>
- American Psychiatric Association. (2014). DSM-5: Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (5a. ed.).
- Aron A. R. (2011). From reactive to proactive and selective control: Developing a richer model for stopping inappropriate responses. *Biological Psychiatry*, 69(12), e55–e68. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2010.07.024>
- Aron, A. R., Durston, S., Eagle, D. M., Logan, G. D., Stinear, C. M., y Stuphorn, V. (2007). Converging evidence for a fronto-basal-ganglia network for inhibitory control of action and cognition. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 27(44), 11860–11864. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3644-07.2007>
- Aron, A. R., Robbins, T. W., y Poldrack, R. A. (2014). Inhibition and the right inferior frontal cortex: One decade on. *Trends in Cognitive Sciences*, 18(4), 177–185. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.12.003>
- Baddeley, A. D., Baddeley, H. A., Bucks, R. S., y Wilcock, G. K. (2001). Attentional control in Alzheimer's disease. *Brain*, 124(Pt 8), 1492–1508. <https://doi.org/10.1093/brain/124.8.1492>
- Bari, A., y Robbins, T. W. (2013). Inhibition and impulsivity: Behavioral and neural basis of response control. *Progress in Neurobiology*, 108, 44–79. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2013.06.005>
- Barkley R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121(1), 65–94. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.121.1.65>
- Bateman, R. J., Aisen, P. S., De Strooper, B., Fox, N. C., Lemere, C. A., Ringman, J. M., Salloway, S., Sperling, R. A., Windisch, M., y Xiong, C. (2011). Autosomal-dominant Alzheimer's disease: A review and proposal for the prevention of Alzheimer's disease. *Alzheimer's Research & Therapy*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.1186/alzrt59>
- Bateman, R. J., Xiong, C., Benzinger, T. L., Fagan, A. M., Goate, A., Fox, N. C., Marcus, D. S., Cairns, N. J., Xie, X., Blazey, T. M., Holtzman, D. M., Santacruz, A., Buckles, V., Oliver, A., Moulder, K., Aisen, P. S., Ghetti, B., Klunk, W. E., McDade, E., Martins, R. N.,...Dominantly Inherited Alzheimer Network (2012). Clinical and biomarker changes in dominantly inherited Alzheimer's disease. *The New England Journal of Medicine*, 367(9), 795–804. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1202753>

- Bompas, A., Campbell, A. E., y Sumner, P. (2020). Cognitive control and automatic interference in mind and brain: A unified model of saccadic inhibition and countermanding. *Psychological Review*, 127(4), 524–561. <https://doi.org/10.1037/rev0000181>
- Borgomaneri, S., Serio, G., y Battaglia, S. (2020). Please, don't do it! Fifteen years of progress of non-invasive brain stimulation in action inhibition. *Cortex*, 132, 404–422. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2020.09.002>
- Burgess, P. W., Alderman, N., Evans, J., Emslie, H., y Wilson, B. A. (1998). The ecological validity of tests of executive function. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 4(6), 547–558. <https://doi.org/10.1017/s1355617798466037>
- Castellanos, F. X., y Tannock, R. (2002). Neuroscience of attention-deficit/hyperactivity disorder: The search for endophenotypes. *Nature Reviews. Neuroscience*, 3(8), 617–628. <https://doi.org/10.1038/nrn896>
- Chamorro, Y., Ramírez-Dueñas, M. L., y Matute, E. (2020). Anticipatory oculomotor responses in parents of children with attention deficit hyperactivity disorder. *Psychiatric Genetics*, 30(3), 65–72. <https://doi.org/10.1097/YPG.0000000000000252>
- Chevrier, A., y Schachar, R. J. (2020). BOLD differences normally attributed to inhibitory control predict symptoms, not task-directed inhibitory control in ADHD. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, 12(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s11689-020-09311-8>
- Crawford, T. J., Devereaux, A., Higham, S., y Kelly, C. (2015). The disengagement of visual attention in Alzheimer's disease: A longitudinal eye-tracking study. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 7, 118. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2015.00118>
- Dafoe, J. M., Armstrong, I. T., y Munoz, D. P. (2007). The influence of stimulus direction and eccentricity on pro- and anti-saccades in humans. *Experimental Brain Research*, 179(4), 563–570. <https://doi.org/10.1007/s00221-006-0817-8>
- Diamond A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Drechsler, R., Brem, S., Brandeis, D., Grünblatt, E., Berger, G., y Walitza, S. (2020). ADHD: Current concepts and treatments in children and adolescents. *Neuropediatrics*, 51(5), 315–335. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1701658>
- Dos Santos Afonso Junior, A., Machado-Pinheiro, W., Osório, A. A. C., Seabra, A. G., Teixeira, M. C. T. V., de Araújo Nascimento, J., y Carreiro, L. R. R. (2023). Association between ADHD symptoms and inhibition-related brain activity using functional near-infrared spectroscopy (fNIRS). *Neuroscience letters*, 792, 136962. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2022.136962>
- da Silva, B. S., Grevet, E. H., Silva, L. C. F., Ramos, J. K. N., Rovaris, D. L., y Bau, C. H. D. (2023). An overview on neurobiology and therapeutics of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Discover Mental Health*, 3(1), 2. <https://doi.org/10.1007/s44192-022-00030-1>
- Eagle, D. M., Bari, A., y Robbins, T. W. (2008). The neuropsychopharmacology of action inhibition: Cross-species translation of the stop-signal and go/no-go tasks. *Psychopharmacology*, 199(3), 439–456. <https://doi.org/10.1007/s00213-008-1127-6>
- Egner, T., y Hirsch, J. (2005). The neural correlates and functional integration of cognitive control in a Stroop task. *NeuroImage*, 24(2), 539–547. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.09.007>

- El Haj, M., Roche, J., Jardri, R., Kapogiannis, D., Gallouj, K., y Antoine, P. (2017). Clinical and neurocognitive aspects of hallucinations in Alzheimer's disease. *Neuroscience and Biobehavioral reviews*, 83, 713–720. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.02.021>
- El Haj, M., Coello, Y., Kapogiannis, D., Gallouj, K., y Antoine, P. (2018). Negative prospective memory in Alzheimer's disease: "Do not perform that action". *Journal of Alzheimer's Disease*, 61(2), 663–672. <https://doi.org/10.3233/JAD-170807>
- Eriksen, B. A., y Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, 16(1), 143–149. <https://psycnet.apa.org/doi/10.3758/BF03203267>
- Ertekin-Taner, N. (2011). Gene expression endophenotypes: A novel approach for gene discovery in Alzheimer's disease. *Molecular Neurodegeneration*, 6, 1–14. <https://doi.org/10.1186%2F1750-1326-6-31>
- Fan, S., Cath, D. C., van der Werf, Y. D., de Wit, S., Veltman, D. J., y van den Heuvel, O. A. (2018). Trans-diagnostic comparison of response inhibition in Tourette's disorder and obsessive-compulsive disorder. *The World Journal of Biological Psychiatry: The Official Journal of the World Federation of Societies of Biological Psychiatry*, 19(7), 527–537. <https://doi.org/10.1080/15622975.2017.1347711>
- Faraone, S. V., Banaschewski, T., Coghill, D., Zheng, Y., Biederman, J., Bellgrove, M. A., Newcorn, J. H., Gignac, M., Al Saud, N. M., Manor, I., Rohde, L. A., Yang, L., Cortese, S., Almagor, D., Stein, M. A., Albatti, T. H., Aljoudi, H. F., Alqahtani, M. M. J., Asherson, P., Atwoli, L., ... Wang, Y. (2021). The World Federation of ADHD International Consensus Statement: 208 Evidence-based conclusions about the disorder. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 128, 789–818. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.01.022>
- Fernandez-Ruiz, J., Hakvoort Schwerdtfeger, R. M., Alahyane, N., Brien, D. C., Coe, B. C., y Munoz, D. P. (2020). Dorsolateral prefrontal cortex hyperactivity during inhibitory control in children with ADHD in the antisaccade task. *Brain Imaging and Behavior*, 14(6), 2450–2463. <https://doi.org/10.1007/s11682-019-00196-3>
- Fillenbaum, G. G., y Mohs, R. (2023). CERAD (Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease) neuropsychology assessment battery: 35 Years and counting. *Journal of Alzheimer's Disease*, 93(1), 1–27. <https://doi.org/10.3233/JAD-230026>
- Goldman, J. S. (2012). New approaches to genetic counseling and testing for Alzheimer's disease and frontotemporal degeneration. *Current neurology and neuroscience reports*, 12(5), 502–510. <https://doi.org/10.1007/s11910-012-0296-1>
- Goldman, J. S., Hahn, S. E., Catania, J. W., LaRusse-Eckert, S., Butson, M. B., Rumbaugh, M., Strecker, M. N., Roberts, J. S., Burke, W., Mayeux, R., Bird, T., y American College of Medical Genetics and the National Society of Genetic Counselors (2011). Genetic counseling and testing for Alzheimer disease: Joint practice guidelines of the American College of Medical Genetics and the National Society of Genetic Counselors. *Genetics in Medicine*, 13(6), 597–605. <https://doi.org/10.1097/GIM.0b013e31821d69b8>
- Goto, Y., Hatakeyama, K., Kitama, T., Sato, Y., Kanemura, H., Aoyagi, K., Sugita, K., y Aihara, M. (2010). Saccade eye movements as a quantitative measure of frontostriatal network in children with ADHD. *Brain & Development*, 32(5), 347–355. <https://doi.org/10.1016/j.braindev.2009.04.017>

- Gioia, G., Isquith, P. K., Guy, S. C., y Kenworthy, L. (2015). *BRIEF2. Behavior rating inventory of executive function* (2a. ed.). Psychological Assessment Resources, Inc.
- Hadas, I., Hadar, A., Lazarovits, A., Daskalakis, Z. J., y Zangen, A. (2021). Right prefrontal activation predicts ADHD and its severity: A TMS-EEG study in young adults. *Progress in Neuro-psychopharmacology & Biological Psychiatry*, 111, 110340. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2021.110340>
- Hoogman, M., Muetzel, R., Guimaraes, J. P., Shumskaya, E., Mennes, M., Zwiers, M. P., Jahanshad, N., Sudre, G., Wolfers, T., Earl, E. A., Soliva Vila, J. C., Vives-Gilabert, Y., Khadka, S., Novotny, S. E., Hartman, C. A., Heslenfeld, D. J., Schweren, L. J. S., Ambrosino, S., Oranje, B., de Zeeuw, P., ... Franke, B. (2019). Brain imaging of the cortex in ADHD: A coordinated analysis of large-scale clinical and population-based samples. *The American Journal of Psychiatry*, 176(7), 531–542. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2019.18091033>
- Iacono, W. G., y Malone, S. M. (2011). Developmental endophenotypes: Indexing genetic risk for substance abuse with the p300 brain event-related potential. *Child Development Perspectives*, 5(4), 239–247. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2011.00205.x>
- Jackson, G. M., Draper, A., Dyke, K., Pépés, S. E., y Jackson, S. R. (2015). Inhibition, disinhibition, and the control of action in Tourette syndrome. *Trends in Cognitive Sciences*, 19(11), 655–665. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.08.006>
- Johns, E. K., Phillips, N. A., Belleville, S., Goupil, D., Babins, L., Kelner, N., Ska, B., Gilbert, B., Massoud, F., de Boysson, C., Duncan, H. D., y Chertkow, H. (2012). The profile of executive functioning in amnesic mild cognitive impairment: disproportionate deficits in inhibitory control. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 18(3), 541–555. <https://doi.org/10.1017/S1355617712000069>
- Knopman, D. S., Amieva, H., Petersen, R. C., Chételat, G., Holtzman, D. M., Hyman, B. T., Nixon, R. A., y Jones, D. T. (2021). Alzheimer disease. *Nature reviews. Disease Primers*, 7(1), 33. <https://doi.org/10.1038/s41572-021-00269-y>
- Lawson, G. M., Hook, C. J., y Farah, M. J. (2018). A meta-analysis of the relationship between socioeconomic status and executive function performance among children. *Developmental Science*, 21(2). <https://doi.org/10.1111/desc.12529>
- Linhartová, P., Širůček, J., Ejova, A., Barteček, R., Theiner, P., y Kašpárek, T. (2021). Dimensions of impulsivity in healthy people, patients with borderline personality disorder, and patients with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Attention Disorders*, 25(4), 584–595. <https://doi.org/10.1177/1087054718822121>
- Llibre-Guerra, J. J., Li, Y., Allegri, R. F., Mendez, P. C., Surace, E. I., Llibre-Rodríguez, J. J., Sosa, A. L., Aláez-Verson, C., Longoria, E. M., Tellez, A., Carrillo-Sánchez, K., Flores-Lagunes, L. L., Sánchez, V., Takada, L. T., Nitrini, R., Ferreira-Frota, N. A., Benevides-Lima, J., Lopera, F., Ramírez, L., Jiménez-Velázquez, I., ... Bateman, R. J. (2021). Dominantly inherited Alzheimer's disease in Latin America: Genetic heterogeneity and clinical phenotypes. *Alzheimer's & Dementia*, 17(4), 653–664. <https://doi.org/10.1002/alz.12227>
- Loewenstein, D. A., Wilkie F., Eisdorfer, C., Guterman, A., Berkowitz, N., y Duara, R. (1989). An analysis of intrusive error types in Alzheimer's disease and related disorders.

- Developmental Neuropsychology*, 5(2-3), 115-126.
<https://doi.org/10.1080/87565648909540427>
- Logan, G. D., y Cowan, W. B. (1984). On the ability to inhibit thought and action: A theory of an act of control. *Psychological Review*, 91(3), 295–327. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.91.3.295>
- Luckett, P. H., Chen, C., Gordon, B. A., Wisch, J., Berman, S. B., Chhatwal, J. P., Cruchaga, C., Fagan, A. M., Farlow, M. R., Fox, N. C., Jucker, M., Levin, J., Masters, C. L., Mori, H., Noble, J. M., Salloway, S., Schofield, P. R., Brickman, A. M., Brooks, W. S., Cash, D. M.,...Dominantly Inherited Alzheimer Network (DIAN). (2023). Biomarker clustering in autosomal dominant Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia*, 19(1), 274–284. <https://doi.org/10.1002/alz.12661>
- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: An integrative review. *Psychological Bulletin*, 109(2), 163–203. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.109.2.163>
- MacPherson, S. E., Parra, M. A., Moreno, S., Lopera, F., y Sala, S. D. (2012). Dual task abilities as a possible preclinical marker of Alzheimer's disease in carriers of the E280A presenilin-1 mutation. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 18(2), 234–241. <https://doi.org/10.1017/S1355617711001561>
- Mahone, E. M., Mostofsky, S. H., Lasker, A. G., Zee, D., y Denckla, M. B. (2009). Oculomotor anomalies in attention-deficit/hyperactivity disorder: Evidence for deficits in response preparation and inhibition. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 48(7), 749–756. <https://doi.org/10.1097/CHI.0b013e3181a565f1>
- Manoli, A., Liversedge, S. P., Sonuga-Barke, E. J. S., y Hadwin, J. A. (2021). the differential effect of anxiety and ADHD symptoms on inhibitory control and sustained attention for threat stimuli: A go/no-go eye-movement study. *Journal of Attention Disorders*, 25(13), 1919–1930. <https://doi.org/10.1177/1087054720930809>
- Medina, L. D., Woo, E., Rodriguez-Agudelo, Y., Chaparro Maldonado, H., Yi, D., Coppola, G., Zhou, Y., Chui, H. C., y Ringman, J. M. (2021). Reaction time and response inhibition in autosomal dominant Alzheimer's disease. *Brain and Cognition*, 147, 105656. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2020.105656>
- Miyake, A., Emerson, M. J., Y Friedman, N. P. (2000). Assessment of executive functions in clinical settings: Problems and recommendations. *Seminars in Speech and Language*, 21(2), 169–183. <https://doi.org/10.1055/s-2000-7563>
- Morris J. C. (1993). The clinical dementia rating (CDR): Current version and scoring rules. *Neurology*, 43(11), 2412–2414. <https://doi.org/10.1212/wnl.43.11.2412-a>
- Morris, J. C., Weiner, M., Xiong, C., Beckett, L., Coble, D., Saito, N., Aisen, P. S., Allegri, R., Benzinger, T. L. S., Berman, S. B., Cairns, N. J., Carrillo, M. C., Chui, H. C., Chhatwal, J. P., Cruchaga, C., Fagan, A. M., Farlow, M., Fox, N. C., Ghetti, B., Goate, A. M.,... Buckles, V. D. (2022). Autosomal dominant and sporadic late onset Alzheimer's disease share a common in vivo pathophysiology. *Brain*, 145(10), 3594–3607. <https://doi.org/10.1093/brain/awac181>
- Münger, M., Sele, S., Candrian, G., Kasper, J., Abdel-Rehim, H., Eich-Höchli, D., Müller, A., y Jäncke, L. (2022). Longitudinal analysis of self-reported symptoms, behavioral measures, and event-related potential components of a cued go/nogo task in adults with attention-

- deficit/hyperactivity disorder and controls. *Frontiers in Human Neuroscience*, 16, 767789. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.767789>
- Nigg J. T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: Views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological Bulletin*, 126(2), 220–246. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.126.2.220>
- Nigg J. T. (2001). Is ADHD a disinhibitory disorder? *Psychological Bulletin*, 127(5), 571–598. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.127.5.571>
- Nigg, J. T., John, O. P., Blaskey, L. G., Huang-Pollock, C. L., Willcutt, E. G., Hinshaw, S. P., y Pennington, B. (2002). Big five dimensions and ADHD symptoms: Links between personality traits and clinical symptoms. *Journal of Personality and Social Psychology*, 83(2), 451–469. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.83.2.451>
- Ojha, A., Parr, A. C., Foran, W., Calabro, F. J., y Luna, B. (2022). Puberty contributes to adolescent development of fronto-striatal functional connectivity supporting inhibitory control. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 58, 101183. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2022.101183>
- Organización Mundial de la Salud. (2021). Clasificación Internacional de Enfermedades, 11a. revisión (CIE-11).
- Patton, J. H., Stanford, M. S., y Barratt, E. S. (1995). Factor structure of the Barratt impulsiveness scale. *Journal of Clinical Psychology*, 51(6), 768–774. [https://doi.org/10.1002/1097-4679\(199511\)51:6<768::aid-jclp2270510607>3.0.co;2-1](https://doi.org/10.1002/1097-4679(199511)51:6<768::aid-jclp2270510607>3.0.co;2-1)
- Pereira-Sanchez, V., y Castellanos, F. X. (2021). Neuroimaging in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Current Opinion in Psychiatry*, 34(2), 105–111. <https://doi.org/10.1097/YCO.0000000000000669>
- Polner, B., Aichert, D., Macare, C., Costa, A., y Ettinger, U. (2015). Gently restless: Association of ADHD-like traits with response inhibition and interference control. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 265(8), 689–699. <https://doi.org/10.1007/s00406-014-0531-7>
- Posner, M. I., y Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. *Attention and Performance*, 32, 531–556.
- Ringman, J. M., y Coppola, G. (2013). New genes and new insights from old genes: Update on Alzheimer disease. *Continuum (Minneapolis, Minn.)*, 19(2 Dementia), 358–371. <https://doi.org/10.1212/01.CON.0000429179.21977.a1>
- Roberts, W., Fillmore, M. T., y Milich, R. (2011). Linking impulsivity and inhibitory control using manual and oculomotor response inhibition tasks. *Acta Psychologica*, 138(3), 419–428. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2011.09.002>
- Rommelse, N. N., Van der Stigchel, S., y Sergeant, J. A. (2008). A review on eye movement studies in childhood and adolescent psychiatry. *Brain and Cognition*, 68(3), 391–414. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2008.08.025>
- Ryan, N. S., y Rossor, M. N. (2010). Correlating familial Alzheimer's disease gene mutations with clinical phenotype. *Biomarkers in Medicine*, 4(1), 99–112. <https://doi.org/10.2217/bmm.09.92>
- Servant, M., y Logan, G. D. (2019). Dynamics of attentional focusing in the Eriksen flanker task. *Attention, Perception & Psychophysics*, 81(8), 2710–2721. <https://doi.org/10.3758/s13414-019-01796-3>

- Schall, J. D., Palmeri, T. J., y Logan, G. D. (2017). Models of inhibitory control. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 372(1718), 20160193. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0193>
- Schachar, R., y Logan, G. D. (1990). Impulsivity and inhibitory control in normal development and childhood psychopathology. *Developmental Psychology*, 26(5), 710–720. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.26.5.70>
- Schaum, M., Pinzuti, E., Sebastian, A., Lieb, K., Fries, P., Mobascher, A., Jung, P., Wibral, M., y Tüscher, O. (2021). Right inferior frontal gyrus implements motor inhibitory control via beta-band oscillations in humans. *eLife*, 10, e61679. <https://doi.org/10.7554/eLife.61679>
- Senkowski, D., Ziegler, T., Singh, M., Heinz, A., He, J., Silk, T., y Lorenz, R. C. (2023). Assessing inhibitory control deficits in adult ADHD: A systematic review and meta-analysis of the Stop-signal task. *Neuropsychology Review*, 34(2), 548–567. <https://doi.org/10.1007/s11065-023-09592-5>
- Sepulveda-Falla, D. (2023). Resistant and resilient mutations in protection against familial Alzheimer's disease: Learning from nature. *Molecular Neurodegeneration*, 18(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s13024-023-00626-3>
- Sikkes, S. A., Knol, D. L., van den Berg, M. T., de Lange-de Klerk, E. S., Scheltens, P., Klein, M., Pijnenburg, Y. A., y Uitdehaag, B. M. (2011). An informant questionnaire for detecting Alzheimer's disease: Are some items better than others? *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17(4), 674–681. <https://doi.org/10.1017/S1355617711000543>
- Silverstein, M. J., Faraone, S. V., Leon, T. L., Biederman, J., Spencer, T. J., y Adler, L. A. (2020). The relationship between executive function deficits and DSM-5-defined ADHD symptoms. *Journal of Attention Disorders*, 24, 41–51. <https://doi.org/10.1177/1087054718804347>
- Siqueiros Sanchez, M., Falck-Ytter, T., Kennedy, D. P., Bölte, S., Lichtenstein, P., D'Onofrio, B. M., y Pettersson, E. (2020). Volitional eye movement control and ADHD traits: A twin study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 61(12), 1309–1316. <https://doi.org/10.1111/jcpp.13210>
- Simmonds, D. J., Pekar, J. J., y Mostofsky, S. H. (2008). Meta-analysis of Go/No-go tasks demonstrating that fMRI activation associated with response inhibition is task-dependent. *Neuropsychologia*, 46(1), 224–232. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.07.015>
- Song, P., Zha, M., Yang, Q., Zhang, Y., Li, X., y Rudan, I. (2021). The prevalence of adult attention-deficit hyperactivity disorder: A global systematic review and meta-analysis. *Journal of Global Health*, 11, 04009. <https://doi.org/10.7189/jogh.11.04009>
- Thapar, A., y Cooper, M. (2016). Attention deficit hyperactivity disorder. *Lancet (London, England)*, 387(10024), 1240–1250. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00238-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00238-X)
- Tirado, V., Motta, M., Aguirre-Acevedo, D. C., Pineda, D. A., y Lopera, F. (2008). Análisis de las intrusiones en una prueba de memoria como posible marcador preclínico de enfermedad de Alzheimer en portadores de la mutación E280A de la presenilina-1. *Revista de Neurología*, 47(6), 290–294. <https://doi.org/10.33588/rn.4706.2008148>
- Twamley E. W., Ropacki S. A. L., y Bondi M. W. (2006). Neuropsychological and neuroimaging changes in preclinical Alzheimer's disease. *Journal of the International*

- Neuropsychological Society*, 12(5), 707–735.
<https://doi.org/10.1017/S1355617706060863>
- Uddin L. Q. (2021). Cognitive and behavioural flexibility: Neural mechanisms and clinical considerations. *Nature Reviews. Neuroscience*, 22(3), 167–179.
<https://doi.org/10.1038/s41583-021-00428-w>
- Vakil, E., Mass, M., y Schiff, R. (2019). Eye movement performance on the stroop test in adults with ADHD. *Journal of Attention Disorders*, 23(10), 1160–1169.
<https://doi.org/10.1177/1087054716642904>
- Van der Stigchel, S., Merten, H., Meeter, M., y Theeuwes, J. (2007). The effects of a task-irrelevant visual event on spatial working memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(6), 1066–1071. <https://doi.org/10.3758/bf03193092>
- Watanabe, M., y Munoz, D. P. (2011). Probing basal ganglia functions by saccade eye movements. *The European Journal of Neuroscience*, 33(11), 2070–2090.
<https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2011.07691.x>
- Whitwell, J. L. (2024). Atypical clinical variants of Alzheimer's disease: Are they really atypical? *Frontiers in Neuroscience*, 18, 1352822.
<https://doi.org/10.3389/fnins.2024.1352822>
- Zhang, X. X., Tian, Y., Wang, Z. T., Ma, Y. H., Tan, L., y Yu, J. T. (2021). The epidemiology of Alzheimer's disease modifiable risk factors and prevention. *The Journal of Prevention of Alzheimer's Disease*, 8(3), 313–321. <https://doi.org/10.14283/jpad.2021.15>
- Zuno Reyes, A., Trejo, S., y Matute, E. (2023). Linear and nonlinear effect of years of schooling, sex, and age on the CERAD-MX and complementary tasks in a Mexican sample. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 38(6), 962-975. <https://doi.org/10.1093/arclin/acad009>



Bases Neurobiológicas de la Regulación Emocional en la Adolescencia

Julieta Ramos-Loyo¹, Christian L. Castellanos-Gutiérrez¹, y Luis A. Llamas-Alonso²

¹Laboratorio de Psicofisiología de Procesos Cognitivos y Emocionales, Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.

²Facultad de Ciencias Administrativas y Sociales, Universidad Autónoma de Baja California. Baja California, México.

Nota de Autor

Julieta Ramos-Loyo  <https://orcid.org/0000-0002-4885-6567>

Christian L. Castellanos-Gutiérrez  <https://orcid.org/0000-0002-0295-7100>

Luis A. Llamas-Alonso  <https://orcid.org/0000-0002-4736-769X>

Sin conflictos de interés por declarar.

Correspondencia relacionada a este artículo deberá dirigirse a Julieta Ramos Loyo. Laboratorio de Psicofisiología de Procesos Cognitivos y Emocionales. Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Francisco de Quevedo #180, Col. Arcos Vallarta, CP 44130. Guadalajara, Jalisco, México. Teléfono: (+52) 337771150, ext. 33354. Correo electrónico: julieta.ramos@academicos.udg.mx

Resumen

La adolescencia es una etapa crítica del desarrollo, en donde tienen lugar una serie de cambios anatómicos, fisiológicos y comportamentales que serán fundamentales en la definición de la vida adulta de la persona. Estos cambios ocurren dentro de un contexto social, en donde acontecen eventos con una connotación emocional que pueden afectar de manera importante la toma de decisiones de los adolescentes en mayor medida que en personas adultas. Las dificultades que presentan los adolescentes en la regulación de su conducta y sus emociones se debe, en parte, a que procesos cognitivos de alto orden como son las funciones ejecutivas, particularmente la inhibición, dependientes de la maduración de las regiones prefrontales del cerebro, aún están en desarrollo. La presencia de estímulos emocionales puede afectar los procesos ejecutivos, debido a un desbalance entre la sobreactivación del sistema límbico y su regulación proveniente de las regiones prefrontales. El presente trabajo se centra en los cambios neurofisiológicos y cognitivos que ocurren en los adolescentes relacionados con las dificultades que presentan en la regulación de su conducta, particularmente ante la presencia de estímulos o eventos con contenido emocional.

Palabras clave: adolescencia, inhibición, emoción, regulación emocional

Neurobiological Bases of Emotional Regulation in Adolescence

Abstract

Adolescence is a critical stage of development during which a series of anatomical, physiological, and behavioral changes occur that will be fundamental in defining a person's adult life. These changes occur within a social context, where events have an emotional connotation that can significantly affect the decision-making of adolescents to a greater extent than in adults. The difficulties that adolescents have in regulating their behavior and emotions are due, in part, to the fact that higher-order cognitive processes, such as executive functions, particularly inhibition, dependent on the maturation of the prefrontal regions of the brain, are still developing. The presence of emotional stimuli can affect executive processes due to an imbalance between the overactivation of the limbic system and its regulation coming from the prefrontal regions. The present work focuses on the neurophysiological and cognitive changes that occur in adolescents related to their difficulties regulating their behavior, particularly in the presence of stimuli or events with emotional content.

Key words: adolescence, inhibition, emotion, emotional regulation

Bases Neurobiológicas de la Regulación Emocional en la Adolescencia

La adolescencia es una etapa crítica del desarrollo en la cual suceden grandes cambios anatómicos, fisiológicos, cognitivos, conductuales y socioemocionales (Hein et al., 2009). En esta etapa mejoran las habilidades de razonamiento abstracto, planeación y toma de decisiones. Asimismo, estos cambios permiten al adolescente tener una mayor comprensión de su papel en la sociedad, expandir sus relaciones sociales y desarrollar su autonomía. Un aspecto característico de la adolescencia es el incremento en la importancia de las relaciones con sus pares y parejas románticas. Además, en general, los adolescentes experimentan un incremento en la emocionalidad, es decir, en la intensidad y la frecuencia de sus emociones, particularmente en ambientes sociales (Guyer et al., 2016).

Sin embargo, los adolescentes también tienden a cometer una serie de conductas de riesgo, como conducir un automóvil de manera imprudente, consumir drogas, tener sexo sin protección, involucrarse en peleas, etc. (Casey et al., 2008), las cuales tienen consecuencias importantes en su vida a mediano y largo plazo. También se ha observado en ellos un incremento de la psicopatología relacionada con alteraciones afectivas (Guyer et al., 2016; Hare et al., 2008). De esta manera, los adolescentes demuestran dificultades en la regulación de su conducta y sus emociones.

La regulación de la conducta es fundamental para una adaptación social exitosa al facilitar la adaptación a las normas culturales y la consecución de metas intra e interpersonales (Stifter y Augustine, 2019). La regulación de la conducta y las emociones depende de las funciones ejecutivas que son aquellos procesos que permiten la consecución de metas. Entre estas funciones se encuentran el control atencional, la inhibición, la planeación, la flexibilidad mental y la toma de decisiones (Diamond, 2013). Esta regulación es afectada por la relevancia emocional de los eventos o estímulos a los que estamos expuestos cotidianamente. De esta forma, los estímulos emocionales pueden facilitar o interferir con la regulación emocional, la cual se relaciona con la forma en la que experimentamos y expresamos las emociones (Gross, 1998).

Los cambios ocurridos en los procesos cognitivos y la conducta de los adolescentes tienen como base cambios substanciales en el cerebro. Además de los cambios anatómicos, se observan cambios en la activación de distintas estructuras cerebrales y de manera importante, se observa una reorganización de los circuitos neuronales a través de redes que conducen a una mayor flexibilidad, eficiencia y especialización (Casey et al., 2019; Ernst et al., 2015). Un factor relevante en estos cambios neurales durante la adolescencia es el influjo de las hormonas sexuales. Los problemas de regulación emocional durante la adolescencia se deben en parte, al desbalance entre la hiperactivación de las estructuras del sistema límbico originada por el influjo hormonal y la maduración incompleta de las áreas prefrontales del cerebro.

El enfoque de este trabajo se centra en los cambios neurofisiológicos y cognitivos que ocurren en los adolescentes relacionados con las dificultades que presentan en la regulación de su conducta y sus emociones.

Regulación Emocional

Thompson (1994) propuso que la regulación emocional es un proceso encargado de monitorear, evaluar y modular las reacciones emocionales, tanto en su intensidad como en su duración, de manera que no obstaculicen la consecución de metas. Estos procesos pueden

originarse internamente, es decir, por el propio individuo, o externamente a causa de factores ambientales. De esta manera, la regulación emocional puede ser entendida en términos de una interacción entre los procesos cognitivos y emocionales donde los primeros se encargan de modular a los segundos; dicha modulación, además de incidir en la intensidad y la duración, también puede modificar la naturaleza de las reacciones emocionales (Martin y Ochsner, 2016). Por su parte, Gross (1998) postula a la regulación emocional como la activación de una meta que influye en cualquier etapa del proceso de generación de las emociones. Desde esta perspectiva, tanto la regulación como la generación de emociones son aspectos interrelacionados dentro de un mismo proceso dinámico. La activación de una meta específica puede ocurrir desde el inicio de la generación de una emoción hasta el momento en que la respuesta emocional ya se ha desencadenado.

Una visión integral de la regulación emocional involucra el abordaje de sistemas neurofisiológicos, conductuales y psicológicos que cambian a lo largo del desarrollo humano (Stifter y Augustine, 2019). Además, la regulación emocional se puede dar de manera consciente o inconsciente e implica no sólo la experiencia emocional, sino también las conductas que la acompañan (Ochsner y Gross, 2005). Braunstein y colaboradores (2017) propusieron una conceptualización que permite clasificar las estrategias y conductas que pueden ser utilizadas para regular las emociones, así como los sistemas neurales implicados. Su enfoque se basa en las dos operaciones psicológicas que subyacen a la regulación emocional: 1) la naturaleza de la meta o la necesidad que motiva la regulación emocional y; 2) el proceso de modificación o regulación de la emoción. La naturaleza de la meta puede ubicarse en una escala que va de lo implícito a lo explícito. Esto se refiere al grado de conciencia del deseo de cambiar sus estados emocionales, donde una meta explícita implicaría un alto grado de conciencia del deseo de modificar la emoción. Por su parte, la naturaleza del proceso de cambio puede ser situada en un continuo que va desde lo automático hasta lo controlado, dependiendo de cuánto esfuerzo realice el individuo para modificar su emoción.

Para Braunstein y colaboradores (2017), las operaciones psicológicas referidas anteriormente, interactúan en un sistema ortogonal que forma una especie de plano cartesiano con cuatro cuadrantes. En uno de esos cuadrantes se pueden ubicar las estrategias que tienen metas explícitas y procesos de cambio controlados, como la reevaluación, donde el individuo hace un esfuerzo consciente para cambiar la asignación emocional de un estímulo y así, modificar su respuesta emocional. En otro cuadrante se refieren las estrategias que pueden tener metas implícitas y cuyo proceso de cambio es automático, como la extinción de respuestas emocionales producto de la presentación repetida de un estímulo sin reforzador. De igual forma, en un tercer cuadrante se pueden ubicar las estrategias explícitas y automáticas, como el efecto placebo, que se caracterizan por un deseo consciente de cambio de la emoción ante un proceso de regulación sin esfuerzo. Por último, en el cuarto cuadrante están las estrategias implícitas y controladas, las que implican una necesidad de regulación emocional no consciente ante un proceso enfocado y con alto esfuerzo dirigido a otra meta no relacionada con la emoción. Un ejemplo de este tipo de estrategia estaría involucrado en la realización de una tarea *Go/NoGo* en donde se presenta un estímulo emocional al que no se debe atender (implícita), de manera simultánea al estímulo que deben atender o inhibir; no obstante, para atender al objetivo de inhibir la respuesta, la persona debe inhibir la interferencia del estímulo emocional presentado en un nivel no consciente.

Importancia del Control Inhibitorio en la Regulación Emocional

La regulación emocional es un proceso integrador que involucra varios procesos cognitivos simultáneamente. En términos generales, se considera que la regulación emocional depende de manera fundamental de las funciones ejecutivas que incluyen el control inhibitorio, la memoria de trabajo u operativa, la categorización, el cambio atencional, la flexibilidad cognitiva y la toma de decisiones que llevan a la consecución de una meta (Nigg, 2017; Zelazo y Cunningham, 2007). Diamond (2013) propone que la inhibición, es indispensable para el autocontrol y la resistencia a los actos impulsivos; el control de la interferencia, permite el enfoque atencional y la inhibición cognitiva; la memoria de trabajo facilita el mantenimiento y la manipulación de la información importante para realizar una tarea específica y; la flexibilidad cognitiva, es crucial para comprender los eventos desde diferentes perspectivas y, finalmente, adaptarse de manera rápida y flexible a los cambios en el entorno.

Barkley (1997) define al control inhibitorio como el proceso fundamental en el que se basan las demás funciones ejecutivas. Nigg (2000) por su parte, divide la inhibición en cuatro tipos: a) el control de la interferencia que permite eliminar la interferencia de estímulos que compiten por la atención; b) la inhibición cognitiva que suprime la ideación no pertinente para proteger la memoria de trabajo y la atención; c) la inhibición de la conducta que suprime tanto las respuestas automáticas o predominantes como las respuestas ya iniciadas; d) la inhibición oculomotora que se refiere a la supresión voluntaria de los movimientos sacádicos reflejos.

Los procesos cognitivos relacionados con la regulación emocional dependen del tipo de estrategia utilizada. Así, estrategias centradas en los aspectos atencionales, como la distracción, van a requerir de procesos cognitivos como la atención selectiva, la memoria de trabajo y la interocepción. La reevaluación, por su parte, involucra la atención selectiva, la memoria de trabajo, la memoria episódica, la memoria semántica, la empatía, la teoría de la mente, el lenguaje y el control inhibitorio. Las estrategias centradas en la respuesta emocional se conforman de procesos como la atención selectiva, la interocepción y la inhibición de las respuestas (Morawetz et al., 2017).

Bases Neurobiológicas de la Regulación Emocional

Todos estos procesos cognitivos asociados con la regulación emocional dependen del funcionamiento de distintos circuitos neuronales. La capacidad para inhibir eventos o respuestas y regular la conducta depende de manera fundamental del funcionamiento de las regiones prefrontales del cerebro. Estas regiones ejercen un control *top-down* sobre otras regiones de entrada de información sensorial y sobre aquellas relacionadas con las emociones como la amígdala, la ínsula y el estriado ventral. Estas últimas se asocian con procesos *bottom-up* de bajo orden implicados en respuestas automáticas o autonómicas y la reactividad emocional (Braunstein et al., 2017; Diekhof et al., 2011; Helion et al., 2019; Nigg, 2017). Los procesos *top-down* en cambio, son procesos de alto orden involucrados en el funcionamiento ejecutivo y dependen esencialmente de la corteza prefrontal dorsolateral (CPFdl) asociada con la planeación, la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva y la inhibición (Llamas-Alonso et al. 2019; Nigg, 2017).

Distintas regiones de la corteza prefrontal participan de manera selectiva e integrada en circuitos neurales responsables de llevar a cabo los diferentes aspectos de la inhibición y la regulación de la conducta y las emociones. Así, por ejemplo, mientras que la CPFdl participa de

manera relevante en el control de la interferencia y la memoria de trabajo, la corteza prefrontal ventrolateral (CPFvl) participa en la regulación de las respuestas y las emociones (Bari y Robbins, 2013; Dillon y Pizzagalli, 2007; Friedman y Miyake, 2004; Fuster, 2001; Munakata et al., 2011; Nigg, 2000). A continuación, se desglosan las distintas estructuras implicadas en la regulación emocional (ver Figura 1).

La corteza cingulada anterior (CCA) se ha asociado tanto con el control cognitivo como con la detección de conflictos entre representaciones simultáneamente activas (Carter y Van Veen, 2007). La porción dorsal de la corteza cingulada anterior (CCAd) se ha visto mayormente implicada en tareas de control cognitivo. Dicha estructura tiene conexiones con la ínsula, la amígdala, el estriado ventral y con las regiones laterales de la CPF (CPFli). Con relación a las emociones, la CCAd se involucra en situaciones que requieren de la supresión de las respuestas automáticas ante estímulos emocionalmente relevantes (Shenhav et al., 2013). También se ha descrito que esta región tiene un papel crucial en el monitoreo del proceso de regulación emocional y se ha observado que su actividad incrementa ante estrategias de metas explícitas y procesos controlados, como lo es la reevaluación (Braunstein et al., 2017). Por otra parte, la porción rostral de la CCA (CCAr) inhibe a la amígdala en tareas que implican la resolución de conflictos ante estímulos emocionalmente relevantes (Etkin et al., 2006). La porción subgenual de la CCA también participa en la regulación emocional implícita, pues se activa ante la extinción del miedo (Diekhof et al., 2011). Los hallazgos anteriores señalan a la CCA como una de las estructuras clave en la regulación emocional (Helion et al., 2019).

La CPFdl forma parte de la red de control cognitivo, por lo cual se ha asociado con la flexibilidad, la memoria de trabajo y la inhibición (Niendam et al., 2012); recibe las señales de la CCAd, que indican la necesidad de control y se encarga de llevar a cabo los procesos de control cognitivo (Shenhav et al., 2013). La CPFdl también participa en la resolución de conflictos entre representaciones simultáneas una vez que son detectados por la CCA (Carter y Van Veen, 2007). Con respecto a la regulación emocional, se ha visto que en conjunto con la CPF dorsomedial (CPFdm) y la CCAr, la CPFdl lleva a cabo el monitoreo de conflictos ante tareas que implican la presencia simultánea de estímulos emocionalmente relevantes (Etkin et al., 2006). También se destaca el papel de la CPFdl en la reevaluación y otras formas de regulación emocional explícita y controlada (Braunstein et al., 2017; Buhle et al., 2014; Morawetz et al., 2017; Ochsner et al., 2002), por ejemplo, ante rostros con valencia negativa (Nelson et al., 2015). De esta manera, la CPFdl estaría implicada en el control *top-down* de la regulación emocional (Helion et al., 2019).

La CPFvl es otra región implicada en el control cognitivo, sobre todo cuando se trata de la realización de ajustes a los procesos cognitivos en función de cambios inesperados en la demanda de las tareas (Ryman et al., 2019); por ejemplo, en tareas que implican inhibición de respuestas, tanto reactiva como proactiva (Aron et al., 2014). La CPFvl contribuye a la regulación emocional, tanto al seleccionar la respuesta más apropiada para lograr los objetivos regulatorios, como en la evaluación del significado de los estímulos emocionales (Helion et al., 2019). Es por ello que, la CPFvl tiene un papel protagónico en la regulación emocional independientemente del tipo de estrategia de regulación y del efecto en la magnitud de la emoción (p. ej., regulación a la baja o a la alta) (Morawetz et al., 2017). Además, dicha región se activa en tareas que implican reevaluación, sin importar el tipo de estímulo que desencadena la emoción (p.ej. escenas o rostros) (Buhle et al., 2014; Nelson et al., 2015; Ochsner et al., 2002).

La CPF medial (CPFm) juega un papel crucial en diversos procesos cognitivos, tales como la atención, la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva y la toma de decisiones. La CPFm se divide en dos subregiones: ventromedial (CPFvm) y dorsomedial (CPFdm) (Jobson et al., 2021). En cuanto a su papel en la regulación emocional, la CPFm forma parte del módulo a cargo del control cognitivo de las emociones, puesto que participa en estrategias de regulación explícitas y controladas como la reevaluación (Nelson et al., 2015), aunque también se activa ante tareas de regulación implícita (Braunstein et al., 2017). Se ha referido consistentemente la participación de la CPFvm, ante distintos tipos de regulación emocional que implican afecto negativo (p. ej. efecto placebo, extinción del miedo y reevaluación), por lo cual se posiciona como una estructura central para el control de las respuestas relacionadas con la aversión, independientemente del tipo de estrategia utilizada (Diekhof et al., 2011). Por su parte, la CPFdm se vincula a la modulación de la intensidad de las emociones en función de las necesidades de las metas en curso (Helion et al., 2019). Se ha reportado su participación en tareas de reevaluación (Buhle et al., 2014; Morawetz et al., 2017; Ochsner et al., 2002), así como en estrategias que implican, regulación tanto a partir de la reducción como del aumento en la magnitud de la emoción (Morawetz et al., 2017).

Otras regiones corticales también participan, de manera selectiva, en distintas estrategias de regulación emocional; por ejemplo, la reevaluación debido a su complejidad implica la integración de diversos procesos cognitivos y por ello, recluta una gran cantidad de regiones corticales (Morawetz et al., 2017). Además de las regiones prefrontales mencionadas previamente, diversos estudios han reportado la activación del lóbulo parietal y de los giros temporal superior y medial ante la reevaluación (Buhle et al., 2014; Diekhof et al., 2011). También se han visto implicadas la corteza motora suplementaria (CMS) y pre-suplementaria. Esta última también participa en las estrategias centradas en la atención, lo que sugiere que su activación media los procesos atencionales en diferentes tipos de regulación emocional. La participación de estructuras corticales y subcorticales también puede depender, no solo del tipo de estrategia, sino de la dirección de los cambios en la magnitud de la emoción; por ejemplo, se ha observado que la corteza parietal inferior (CPI) está involucrada cuando la regulación emocional implica una disminución de la intensidad de la emoción. Por otra parte, el estriado ventral se activa ante estrategias que buscan incrementar la magnitud de la emoción. En contraste, la corteza cingulada posterior participa en la regulación independientemente de la dirección de los cambios en la magnitud de la emoción (Morawetz et al., 2017).

Cambios Neurobiológicos y Cognitivos que Inciden en la Regulación Emocional de los Adolescentes

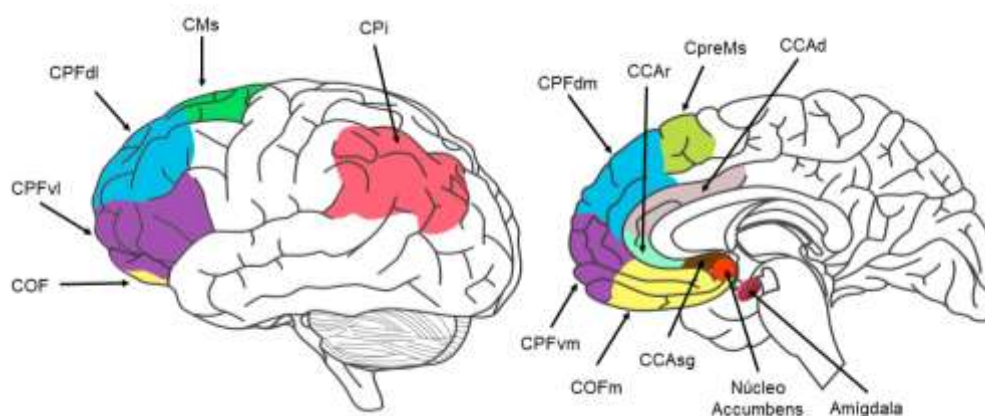
La capacidad para regular las emociones se modifica a lo largo de las etapas del desarrollo humano. Debido a su complejidad, la regulación emocional depende de cambios estructurales y funcionales en diversos circuitos cerebrales y de su integración funcional con el paso de la edad (Helion et al., 2019). Sin embargo, no hay que dejar de lado la influencia del medio ambiente social que, en conjunto con los factores neurobiológicos, determinan el desarrollo y la efectividad de la regulación emocional (Silvers et al., 2012; Stifter y Augustine, 2019).

Durante la adolescencia aumenta el volumen de la materia blanca por la mielinización, sobre todo en la corteza prefrontal (Giedd, 2008; Giedd et al., 1999; Spear, 2013); disminuye el

volumen de la materia gris, por la poda sináptica, en regiones de asociación de orden superior (Gogtay et al., 2004) y ocurre una reorganización del sistema dopaminérgico caracterizada por cambios en la densidad de receptores en las vías mesolímbica y mesocortical (Spear, 2000). Adicionalmente, las hormonas sexuales también tienen un efecto en estructuras del sistema límbico, generando una sobre-activación (Casey et al., 2008), además de una proliferación de receptores de oxitocina (Steinberg, 2008).

Figura 1

Estructuras cerebrales implicadas en la regulación emocional y en la inhibición



Nota. CPFdl, corteza prefrontal dorsolateral; CPFvl, corteza prefrontal ventrolateral; COF, corteza orbitofrontal; CMs, corteza motora suplementaria; CPI, corteza parietal inferior; CPFdm, corteza prefrontal dorsomedial; CpreMs, corteza premotora suplementaria; CPFvm, corteza prefrontal ventromedial; COFm, corteza orbitofrontal medial; CCAd corteza cingulada anterior dorsal; CCAr corteza cingulada anterior rostral; CCAsg corteza cingulada anterior subgenual. Figura hemisferio izquierdo: Licencia Creative Commons por autor desconocido y editada por Amousey bajo BY CC 1 0 url <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=126862067>. Figura del corte sagital del cerebro: licencia Creative Commons por Karamihalev bajo BY CC 4 0 doi <https://doi.org/10.020161/zenodo.4312476>. Ambas figuras fueron modificadas por los autores.

Los cambios cerebrales propios del neurodesarrollo típico de los adolescentes generan un desbalance entre los sistemas emocionales *bottom-up* y de control cognitivo *top-down* (Giedd, 2008; Steinberg, 2005). Debido a que la corteza prefrontal se encuentra relativamente inmadura, el control de los sistemas *top-down* es insuficiente ante la reactividad emocional de un sistema límbico que, por un lado, se encuentra maduro y, por otro lado, está sobre-activado por las hormonas sexuales (Casey et al., 2008; Llamas-Alonso et al., 2019). De esta forma, la convergencia de cambios cognitivos, afectivos, en conjunto con diversos aspectos ambientales, da como resultado comportamientos y experiencias afectivas que pueden ser difíciles de manejar para los adolescentes (Steinberg, 2005).

Las conductas de riesgo, la susceptibilidad a trastornos del estado de ánimo y el abuso de sustancias durante la adolescencia se han abordado desde múltiples perspectivas neurocognitivas donde la interacción entre estos sistemas *bottom-up* y *top-down* está alterada. El modelo dual es el más popular, aunque hace una sobresimplificación de la totalidad de los

factores que influyen en la conducta adolescente y se limita a atribuirlo a una falta de maduración prefrontal que provee mecanismos de control insuficientes ante la reactividad emocional (Casey et al., 2016; Chein et al., 2011; Cohen y Casey, 2014; Shulman et al., 2016). Otros autores atribuyen los fallos en la conducta a procesos cognitivos alterados (Shulman et al., 2016).

Otro modelo explicativo es el de desbalance (Luna y Wright, 2016; Steinberg, 2008). Este modelo enfatiza una explicación basada en circuitos de las formas complejas y no lineales en las que la reactividad y la regulación de las emociones cambian con la edad. De acuerdo con este modelo, las conductas emergentes características de la adolescencia coinciden con una serie de cambios de desarrollo entre múltiples sistemas con un ajuste-fino regional de conexiones dentro de circuitos límbicos subcorticales, después entre prefrontales corticales y límbicos y posteriormente, en circuitos corticocorticales (Casey et al., 2016). La falta de maduración inicial en circuitos subcortico-subcorticales (i.e., amígdala-estriado ventral) durante la adolescencia sugiere que el resultado es un sistema guiado para emitir respuestas impulsivas hacia pistas emocionales sin importar la valencia positiva o negativa, o de si representa recompensa o castigo (Dreyfuss et al., 2014; Hare et al., 2008; Heller y Casey, 2016; Somerville et al., 2011). Por otra parte, los circuitos subcortico-corticales (i.e., amígdala-corteza prefrontal) guían el comportamiento en presencia de señales conflictivas de recompensa y castigo para la toma de decisiones, por lo que la falta de maduración de estas conexiones durante la adolescencia puede representar elecciones conductuales inadecuadas (Burgos-Robles et al., 2017; Heller y Casey, 2016). La mejora eventual sobre la regulación conductual y emocional proviene de la modulación cortico-subcortical de la CPFvm sobre la amígdala, conexión que sigue refinándose en la adolescencia tardía (Dincheva et al., 2015; Fareri et al., 2015; Gee et al., 2013). Finalmente, el nivel ideal de regulación emocional que se alcanza en la adultez, surge por la aplicación adecuada de estrategias de reevaluación o cambio cognitivo. En cuanto a las bases neurobiológicas, aunque la CPFvm se ha señalado como principal protagonista, existe evidencia que postula que también la CPFI tiene un papel crucial en dichas estrategias de regulación (Denny et al., 2015; Dreyfuss et al., 2014; Somerville et al., 2011). Particularmente, a nivel del desarrollo, la conectividad cortico-cortical entre la CPFvm y la CPFI que madura hasta la adultez temprana, es de gran relevancia (Silvers et al., 2017).

En conclusión, ambos modelos concuerdan en la existencia de un desequilibrio que afecta la regulación emocional, pero difieren en la descripción de sus causas. El modelo dual postula que el desequilibrio surge de una mayor influencia de las áreas límbicas subcorticales, principalmente dirigidas por el influjo hormonal, junto con una falta de maduración de la corteza prefrontal, que no puede ejercer un control adecuado. Por otro lado, la postura del desbalance describe una inmadurez específica en los circuitos/conexiones subcortico-subcorticales, subcortico-corticales y cortico-corticales, lo que resulta en el desequilibrio.

En el desequilibrio que subyace a las dificultades en la regulación emocional durante la adolescencia, la amígdala, la CCA y la corteza orbitofrontal (COF), juegan un papel relevante. Se ha reportado que el volumen de la amígdala correlaciona de manera positiva con las dificultades en la regulación emocional durante dicha etapa. También se ha descrito que la reducción de la asimetría bilateral de la CCA en la región paralímbica, se asocia a una mayor duración de las conductas agresivas, sobre todo en varones. En otras palabras, una mejor capacidad de regulación emocional se asocia a una asimetría en la CCA, a favor del hemisferio izquierdo. Por su parte, la menor asimetría en la COF también se vincula a las dificultades en la

regulación emocional. Mas aún, el incremento en el volumen de la amígdala, así como la falta de asimetría hemisférica en áreas frontales (CCA y COF) podría reflejar un retraso en el proceso normal de maduración (Whittle et al., 2008).

Adicionalmente a la falta de maduración de la CPF durante la adolescencia (Casey y Jones, 2010), el sistema dopaminérgico mesolímbico cortical aún se encuentra en desarrollo. Dicho sistema es uno de los más importantes involucrados en la conducta motivada, la recompensa y, en general, en los procesos *bottom-up*; además, esta ventana prolongada de maduración incrementa la vulnerabilidad a alteraciones del circuito debido a factores ambientales (Reynolds y Flores, 2021). Durante la adolescencia, hay un desbalance a nivel de densidad de los receptores dopaminérgicos D1 y D2, lo cual implica un riesgo importante para el desarrollo de trastornos psicopatológicos (síndromes psicóticos y adicciones). Los receptores D1 responden al incremento de los niveles de dopamina vinculados a respuestas de aproximación hacia estímulos incentivo, mientras que los D2 responden al decremento dopaminérgico liderando señales de respuesta de evitación al estímulo (Damian et al., 2022). La densidad de D1 en la CPF durante la adolescencia es mayor que D2, lo cual se invierte en la adultez. Así, los receptores D1 comprometen el control y los sistemas de análisis, llevando a una evaluación débil del estímulo negativo; además, ayudan a activar respuestas impulsivas y extremas relacionadas al estímulo incentivo como puede ser el consumo de drogas. Esta propuesta resalta la importancia de estudiar la densidad de los distintos receptores más que los niveles de dopamina en sí (Berridge y Devilbiss, 2011; Damian et al., 2022).

Por otra parte, se ha referido que la integridad de la función de control *top-down* sobre los procesos *bottom-up* depende de la interacción entre neuronas glutamatérgicas y GABAérgicas locales y su modulación a partir de entradas de larga distancia. Estas interacciones generan una relación proporcional de excitación e inhibición en cada proyección prefrontal que se refina durante la adolescencia. Caballero et al. (2021) en su revisión describen que esta maduración se logra a través de un incremento de la función inhibitoria GABAérgica prefrontal.

Evaluación de la Regulación Emocional de los Adolescentes

La evaluación de la regulación emocional se puede realizar con diversos métodos, tales como la observación, los cuestionarios de autoinforme, cuestionarios para un informante, las tareas de laboratorio y las medidas fisiológicas como la respuesta galvánica de la piel, la frecuencia cardiaca o el registro de la actividad eléctrica cerebral (Adrian et al., 2011).

Los métodos basados en el autorreporte permiten estudiar tanto las estrategias de regulación emocional como sus efectos en el comportamiento y el bienestar de los individuos en su vida cotidiana. Así, Gullone et al. (2010) realizaron un estudio longitudinal donde aplicaron el Cuestionario de Regulación Emocional para Niños y Adolescentes (ERQ-CA, por sus siglas en inglés) a niños y adolescentes de entre 9 y 15 años en tres momentos distintos. Se centraron en evaluar dos tipos de regulación emocional: supresión y reevaluación. Encontraron que la supresión era usada por los participantes más jóvenes y que, en la medida en la que iban creciendo, usaban menos dicha estrategia. Los hombres reportaron mayor uso de la supresión en comparación con las mujeres. En cuanto a la reevaluación, contrario a lo esperado, encontraron que los participantes mayores usaban poco dicha estrategia, incluso menos que los más jóvenes. Estos métodos de autorreporte presentan el problema de que son medidas poco objetivas debido a que dependen del criterio del evaluador.

Es posible evaluar de manera más objetiva la capacidad de inhibir y regular una respuesta por medio la aplicación de tareas específicas en el laboratorio y evaluar los efectos de los estímulos emocionales sobre otros procesos cognitivos como la atención y la inhibición (Littman y Takács, 2017) (ver Figuras 2 y 3, para ejemplos de una tarea Stop-Signal y Go-NoGo emocionales, respectivamente). Así, Tottenham et al. (2011) por medio de una tarea Go/NoGo con expresiones faciales emocionales estudiaron las diferencias en la inhibición entre niños, adolescentes y adultos. El contenido emocional interfirió con el control inhibitorio, pero este efecto fue mayor en los niños que en los adolescentes y los adultos. El control cognitivo fue mejor a mayor la edad, pero los adolescentes tuvieron más errores de inhibición ante estímulos emocionales que los adultos. Cohen-Gilbert y Thomas (2013) utilizaron las imágenes emocionales del Sistema de Imágenes Afectivas (IAPS) en una tarea Go/NoGo en participantes niños, adolescentes y adultos jóvenes (11 a 25 años). Encontraron tiempos de reacción más largos para los ensayos con imágenes de valencia negativa en todos los grupos de edad. Además, observaron que los participantes dentro de la etapa temprana de la adolescencia (13 y 14 años) mostraron mayores errores de inhibición que los niños (11-12), los adolescentes mayores (15-16 y 18-19) y los adultos (20-25) ante las imágenes de valencia negativa que ante imágenes positivas y neutrales. De esta manera, observamos que los estímulos emocionales muestran distintos efectos en función de la etapa del desarrollo.

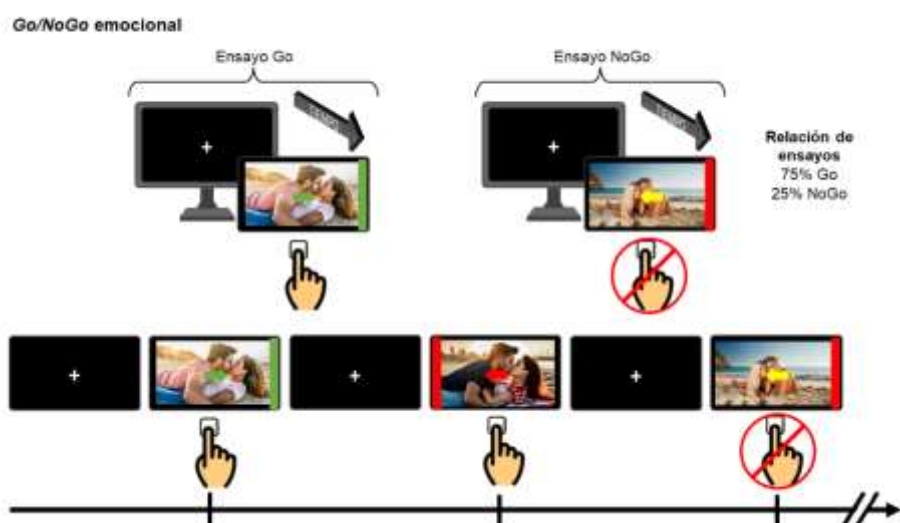
Al estudiar la activación de estructuras cerebrales por medio de imágenes por resonancia magnética funcional (IRMf), en términos generales, se ha encontrado que los adolescentes muestran menor activación en la CPF que los adultos mientras realizan diversas tareas de inhibición (Jaeger, 2013). Rubia et al. (2006) a través de las tareas Go/NoGo (ver Figura 2), de Simon y de alternancia evaluaron la inhibición de respuestas, la resistencia a interferencias distractoras y la resistencia a interferencias proactivas, respectivamente. A nivel conductual, los adolescentes obtuvieron un desempeño más bajo que los adultos en las tres tareas. Esto se vio reflejado en mayor número de errores de inhibición y tiempos de reacción más breves. En cuanto a la activación cerebral en la tarea Go/NoGo, observaron que los adultos mostraron mayor activación en la CPM y COFm derecha, la CCA y el núcleo caudado. Adicionalmente, encontraron una correlación positiva entre la edad y la activación de la CPF inferior (CPFi) derecha y la CCA. Esto sugiere un desarrollo progresivo en algunas de las áreas mencionadas durante la realización de la tarea, aunque se requiere de un estudio longitudinal para probarlo. En otro estudio, Rubia et al. (2007) utilizaron una tarea *Stop-signal*. Los adolescentes mostraron menor activación en la CPM derecha ante las inhibiciones correctas y del CCA ante los errores de inhibición en comparación con los adultos. También se observó una correlación entre la edad y la activación de la CPM derecha, el tálamo, el núcleo caudado y el cerebelo.

Por medio de este tipo de tareas mencionadas previamente, es posible evaluar los efectos de los estímulos emocionales sobre otros procesos cognitivos como la atención y la inhibición (Littman y Takács, 2017). Los efectos de los estímulos emocionales varían dependiendo del tipo de tarea. Algunas tareas implican un proceso de regulación emocional implícita, ya que los participantes no tienen la meta consciente de regular la emoción que generan los estímulos, sino simplemente seguir las instrucciones y emitir respuestas enfocadas a la información no emocional, mientras que, las tareas que implican una regulación explícita, requieren que el participante haga una discriminación consciente de información emocional en función de tener un buen desempeño conductual (escenas o rostros).

Hare et al. (2008) emplearon una tarea *Go/NoGo* emocional explícita para investigar los sustratos biológicos de las diferencias en la regulación emocional entre niños, adolescentes y adultos. Encontraron que los adolescentes exhibían una mayor activación en la amígdala en comparación con los niños y los adultos, especialmente ante expresiones faciales de alegría y miedo. También observaron que los adolescentes respondieron de manera más lenta ante las expresiones de miedo, lo cual sugiere que podrían tener mayores dificultades para la regulación de la interferencia provocada por este estímulo emocional. Los investigadores postularon que las dificultades que presentaron los adolescentes en la regulación de la conducta en situaciones emocionales podrían explicarse en términos de la reactividad aumentada del sistema de procesamiento emocional ante un mecanismo prefrontal de regulación *top-down* inmaduro.

Figura 2

Paradigma Go/NoGo emocional



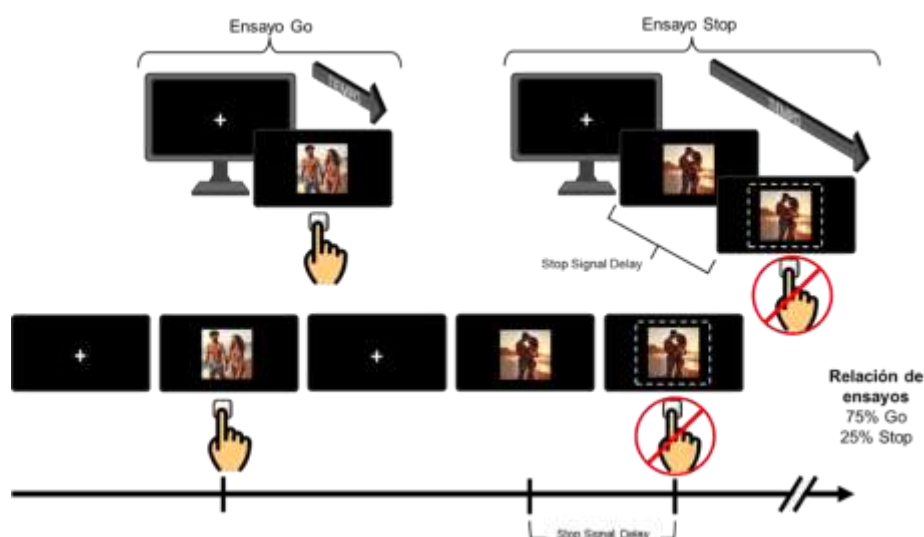
Nota. Los ensayos Go requieren que el participante presione la tecla al cumplirse dos condiciones: 1) la flecha del centro de la pantalla y la barra lateral coinciden en color y; 2) la flecha apunta a la barra. Al no cumplirse una o ambas condiciones, se trata de un ensayo NoGo, para el cual el participante no debe presionar la tecla. Las imágenes que aparecen en cada ensayo representan un contexto emocional placentero. Las imágenes fueron generadas mediante la inteligencia artificial Adobe Firefly.

Ramos-Loyo et al. (2017) investigaron la influencia del contexto emocional en la capacidad de adolescentes y adultos de inhibir respuestas predominantes utilizando una tarea *Go/NoGo* implícita evaluando los potenciales relacionados con eventos (PREs) (ver Cuadro 1). En cuanto a los PREs, los investigadores observaron que ante la presencia de contexto displacentero se incrementó la amplitud del componente N2, así como la latencia de los componentes N2 y P3 para ambos tipos de respuestas (*Go* y *NoGo*). Estos cambios en los componentes constituyen un indicador de la dificultad de la tarea, en la cual los adolescentes debían realizar dos tipos de inhibición: por una parte, tenían que realizar una inhibición de la interferencia que genera el contexto emocional y, por otra parte, la inhibición de la respuesta

como tal. Con relación a las variables conductuales, no se encontraron diferencias en las respuestas correctas entre las condiciones emocionales. No obstante, al comparar estos resultados con los de un estudio similar realizado en adultos (Ramos-Loyo et al., 2016), se encontró que los adolescentes alcanzaron 64% de inhibiciones correctas, mientras que los adultos alcanzaron 84%. Estos datos reflejan la mayor dificultad que presentan los adolescentes para regular la interferencia que implica un contexto emocional. Más aun, se observaron diferencias entre aquellos adolescentes que reportaban tener una alta regulación de su conducta (AR) y sus emociones en entornos cotidianos y aquéllos que reportaban una baja regulación (BR), evaluada a través del Inventario de Evaluación del Comportamiento de Funciones Ejecutivas (Roth et al., 2000). Los BR tuvieron una menor capacidad inhibitoria y más respuestas impulsivas y una tendencia a mostrar mayor amplitud del P3 ante la presencia de contextos emocionales que los AR (Hernández-Villalobos, 2013). Los componentes N2 y P3 relacionados con el proceso inhibitorio en esta misma tarea, mostraron tener una relación con el rendimiento académico en jóvenes universitarios en otro estudio del mismo grupo de investigación. Un mayor rendimiento académico correlacionó con una mayor amplitud del N2NoGo ante el contexto placentero, indicador de un procesamiento más eficiente (Reynoso-Orozco, 2016).

Figura 3

Paradigma Stop-signal emocional



Nota. Los ensayos Go implican que el participante presione la tecla ante la aparición del estímulo Go, en este caso, la imagen. Los ensayos Stop inician con la aparición del estímulo Go, pero, después de un tiempo (Stop Signal Delay), aparece una señal que indica que la respuesta debe ser cancelada; en este caso, la señal es el marco de línea punteada. Las imágenes que aparecen en cada ensayo representan un contexto emocional placentero. Las imágenes fueron generadas mediante la inteligencia artificial Copilot.

En otra investigación, este mismo grupo de investigadores estudiaron los cambios en la activación cerebral en dicha tarea Go/NoGo emocional en adolescentes y adultos. De manera general, encontraron que el grupo de adolescentes reclutó más áreas cerebrales en comparación con el grupo de adultos en las distintas condiciones emocionales. El grupo de adolescentes

mostró una activación cerebral más extendida en áreas prefrontales y una mayor activación paralímbica durante los ensayos *NoGo* particularmente ante los contextos emocionales. Dicho hallazgo sugiere mayor alertamiento emocional, característico de la adolescencia, que involucra regiones como la ínsula y la CCA, así como una menor capacidad para regular dicho alertamiento en esta etapa del desarrollo. Esta dificultad en la regulación emocional podría deberse a una menor especialización de las regiones involucradas (Silva-Contreras, 2019).

Otra perspectiva es evaluar los efectos de experiencias emocionales motivadas por pérdidas o ganancias económicas sobre la toma de decisiones en los adolescentes. A través de una tarea de apuesta con reforzamiento probabilístico favorable y desfavorable, se encontró que un grupo de adolescentes mostró mayor amplitud del componente negatividad relacionada a la retroalimentación (FRN, por sus siglas en inglés) en comparación con un grupo de adultos. Esto sugiere que los primeros son más sensibles a la retroalimentación emocional ante las pérdidas monetarias (Martínez-Velázquez et al., 2015) (ver Cuadro 1).

Un motivador emocional altamente relevante en la adolescencia es la presencia de los pares. En este sentido, en otro estudio se evaluaron los efectos de la cooperación y la competencia en adolescentes durante la ejecución de una tarea *Go/NoGo*. A nivel conductual, se observó que los adolescentes mostraron una mejor capacidad inhibitoria en cuando cooperaban con sus pares que cuando realizaban la tarea de manera individual o cuando competían con sus pares. Además, se encontró una mayor amplitud del *P3NoGo* en la condición de competencia, lo cual sugiere que se requirió un mayor esfuerzo cognitivo para detener sus respuestas. Estos hallazgos implican que la capacidad de regulación de la conducta en adolescentes está significativamente influenciada por la interacción con sus pares, y que esta influencia puede mejorar o entorpecer su desempeño dependiendo de si la situación social implica colaborar o competir con un par (Vázquez-Moreno, 2018).

Continuando con la influencia de los pares en la adolescencia, estudios se han llevado a cabo para observar la susceptibilidad de los adolescentes a la influencia de sus pares en la toma de decisiones riesgosas durante pruebas virtuales de manejo automovilístico. De manera consistente, se encuentra que la presencia de pares adolescentes incrementa la toma de decisiones riesgosas en contextos de videojuegos (Gardner y Steinberg, 2005) y simuladores de manejo (Bingham et al., 2016; Chein et al., 2011). A nivel neurobiológico, se observa que la presencia de pares en la simulación de manejo incrementa la activación del estriado ventral, vinculado al sistema de recompensa, así como de la COF, relacionada con la evaluación de la misma. Además, dicha activación predice una mayor toma de riesgos (Chein et al., 2011).

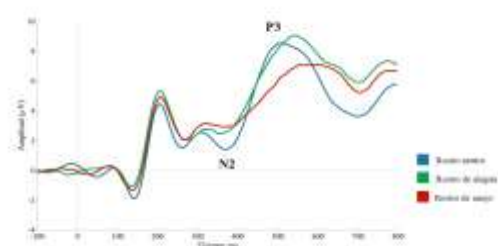
Una característica distintiva de los adolescentes es la impulsividad, la cual se define como la predisposición a realizar conductas de forma rápida y no planeada, dándole poca importancia a las potenciales consecuencias negativas (Moeller et al., 2001). Vázquez-Moreno et al. (2019) realizó un estudio que evaluó el efecto del retraso de la respuesta sobre el control inhibitorio utilizando una tarea *Go/NoGo* ante contextos emocionales, comparando adolescentes impulsivos vs no impulsivos. Se encontró que el permitir un retraso en la respuesta mejoró el desempeño inhibitorio en todos los adolescentes. Sin embargo, dicho beneficio fue menor en los adolescentes impulsivos ante la presencia del contexto emocional placentero. Además de forma

Cuadro 1. Potenciales relacionados con eventos relacionados con el control inhibitorio y la recompensa.

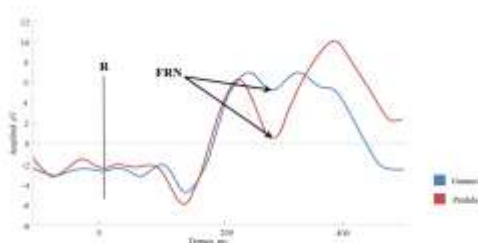
Los potenciales relacionados con eventos (PREs) son una técnica que deriva del registro de la actividad eléctrica cerebral (EEG). Se utilizan para estudiar la actividad cerebral durante la presentación de estímulos específicos. Los componentes de los PREs son deflexiones de voltaje se definen por su polaridad, amplitud, latencia y distribución en el cuero cabelludo. La amplitud refleja la suma de los potenciales postsinápticos sincronizados durante procesos sensoriales o cognitivos específicos, y su latencia indica el tiempo requerido para procesar el estímulo (Buzsáki, 2006; Sanei y Chambers, 2007; Tatum et al., 2008).

Dos componentes de los PREs asociados al control inhibitorio son el N2 y el P3. El N2 es una onda con polaridad negativa que aparece entre 200 y 400 ms después del inicio del estímulo, con mayor amplitud en regiones frontocentrales. El N2 refleja respuestas a la novedad, al control atencional, la resolución de conflictos y la inhibición y se relaciona con el funcionamiento de la corteza frontal (Bokura et al., 2001; Folstein y Van Petten, 2008; Zhang y Lu, 2012). El P3, por su parte es una onda con polaridad positiva que aparece entre los 300 y 600 ms después del inicio del estímulo y está relacionada con procesos de atención, actualización de la memoria (Polich, 2007), inhibición cognitiva y motora, así como con la evaluación del desempeño inhibitorio (Bokura et al., 2001; Bruin et al., 2001; Smith et al., 2008).

Otro componente relevante para la evaluación del sistema de recompensa en adolescentes es la Negatividad Relacionada con la Retroalimentación (FRN). El FRN es una deflexión negativa que aparece alrededor de los 250 ms en las regiones frontocentrales, después de que el participante responde, aparece una retroalimentación de ganancia o pérdida relacionada con la opción elegida en una tarea de apuestas. La amplitud de FRN se ha relacionado con el impacto motivacional de los estímulos, así como la evaluación cognitiva y emocional de la recompensa o el castigo (Gehring y Willoughby, 2002; Nieuwenhuis, 2004).



Ejemplo de PREs obtenidos ante la inhibición de expresiones neutras, de alegría y enojo.



Ejemplo de FRN obtenido ante pérdidas y ganancias monetarias en adolescentes, a partir de la respuesta (R).

general, ellos mostraron mayores amplitudes del P3NoGo y menores latencias del N2NoGo, lo cual se vincula a una menor eficiencia del control inhibitorio.

La regulación emocional es más eficiente en la medida en la que los adolescentes crecen, es decir, el desbalance entre los mecanismos *bottom-up* y *top-down* disminuye con la edad. Estudios donde se utiliza el autoinforme encuentran que la edad influye en el uso de estrategias de reevaluación para regular las emociones (Silvers et al., 2012). Este proceso madurativo se ha asociado con la testosterona, la cual se encuentra en niveles altos, tanto en hombres como en

mujeres que tienen mayor maduración puberal. Tyborowska et al. (2016) para investigar la vinculación de la regulación y el control de la conducta con la maduración puberal por medio de la IRMf. Los investigadores refirieron que en promedio los adolescentes con maduración más avanzada mostraron mayor activación en la CPFDl ante la realización de una tarea de aproximación y evitación hacia expresiones faciales emocionales de manera congruente con lo observado en adultos. Por otra parte, los adolescentes de la misma edad, pero con menor maduración puberal y menores niveles de testosterona, mostraron mayor activación en el núcleo pulvinar del tálamo y la amígdala. Estos hallazgos demuestran cómo el control ejecutivo de las conductas bajo condiciones emocionales, deja de estar bajo la mediación de estructuras subcorticales para pasar a ser regulada por las regiones prefrontales. Así, la disminución en el desbalance entre la reactividad emocional, el control conductual y cognitivo con la edad se relaciona parcialmente, con cambios en la relación entre los sistemas *bottom-up* y *top-down*, al incrementar la regulación del último sobre el primero y de esta manera, favoreciendo la maduración de la regulación emocional (Cerliani et al., 2015; Pfeifer y Allen, 2012; Rubia et al., 2013).

Un aspecto muy poco estudiado a pesar de su gran relevancia en la adolescencia, son las diferencias sexuales en las funciones ejecutivas y la regulación emocional. Además de la influencia prenatal en la configuración cerebral, las hormonas sexuales juegan un papel fundamental en el desbalance *bottom-up* y *top-down* durante esta etapa. Existen diferencias sexuales en las trayectorias de desarrollo específicas en la reorganización cortical que se relacionan con la eficiencia en procesos cognitivos como la atención y la memoria de trabajo (Blakemore et al., 2010; Blakemore y Choudhury, 2006). Taylor et al. (2020) encontraron diferencias sexuales en la trayectoria de desarrollo de la dinámica oscilatoria neuronal del ritmo theta en la red frontoparietal durante tareas de razonamiento abstracto en adolescentes, sin que hubiera diferencias en el desempeño conductual. Los autores interpretan sus hallazgos como que los circuitos neuronales involucrados en el razonamiento abstracto y la inteligencia fluida se desarrollan a diferentes ritmos en los varones y mujeres, siendo más eficientes localmente en las últimas en este periodo crítico de desarrollo.

Es importante considerar que la realización de una tarea particular no involucra únicamente la activación de estructuras cerebrales independientes, lo cual se puede observar a través de estudios de IRMf o de cambios rápidos en la actividad cerebral observables en los PREs, sino también cambios en la organización de circuitos cerebrales especializados en el procesamiento de dicha tarea. Este tipo de cambios en la relación funcional entre las áreas relacionadas con la ejecución de una tarea particular se pueden evaluar a través de la conectividad funcional. Así, se ha observado que los adolescentes en comparación con los niños, muestran un incremento en la complejidad de las redes neurales, de manera más prominente en las regiones frontocentrales. Además, disminuyen las conexiones locales de corto alcance mientras que las conexiones distribuidas de largo alcance se fortalecen (van Noordt et al., 2021). Estos cambios en los patrones de conectividad pueden favorecer el desarrollo de las funciones ejecutivas. Sin embargo, los adolescentes presentan menor conectividad funcional entre las regiones frontales y el resto del cerebro incluyendo regiones corticales y subcorticales que los adultos durante la realización de tareas de inhibición, lo cual indica que estos procesos cognitivos aún están madurando en esta etapa (Hwang et al., 2010). Los cambios en la conectividad funcional están relacionados parcialmente con la conectividad anatómica. Por ejemplo, un

incremento en el volumen de la amígdala con la edad durante la adolescencia predice una disminución en la conectividad funcional entre las redes subcorticales y las de control cognitivo en reposo (Taylor et al., 2022). De manera similar, Stevens et al. (2007) también encontraron que los adolescentes exhiben diferencias en el reclutamiento de las redes neurales y la conectividad durante la inhibición de la respuesta preferente en comparación con los adultos. La disminución de la integración de las regiones cerebrales implicadas en el control inhibitorio, principalmente prefrontales, impactó a nivel conductual.

Conclusiones

La evidencia indica que en los adolescentes existe un desbalance entre los mecanismos “*bottom-up*” y “*top-down*” que dificulta la regulación de su conducta y de sus emociones, lo que en muchas ocasiones deriva en las conductas de riesgo y las alteraciones emocionales que se observan en ellos. Este desbalance puede estar modulado por distintos factores como la genética, la edad, el sexo, las características de personalidad, las comorbilidades psiquiátricas, la actividad física, el entorno social y las experiencias de vida que dan origen a las diferencias individuales en la capacidad para regular la conducta y las emociones. En relación con la edad, la adolescencia abarca un largo periodo de la vida, desde los 11 hasta los 21 años, por lo que es relevante considerar la dinámica de los cambios psicobiológicos madurativos en las distintas etapas, temprana, media y tardía.

Es importante señalar que, aun cuando la comprensión de las bases cognitivas y neurobiológicas de los problemas de regulación emocional en los adolescentes es de gran relevancia por sus implicaciones en su vida cotidiana y su desarrollo psicosocial, la evidencia científica al respecto es muy escasa todavía. Algunos trabajos se centran en problemas como la depresión, abuso de sustancias adictivas, intento suicida, entre otras alteraciones. Sin embargo, una mayor comprensión de las bases cognitivas y neurobiológicas de la regulación emocional, así como su interacción con factores psicológicos y sociales permitirá desarrollar estrategias de prevención de conductas de riesgo y alteraciones emocionales en los adolescentes, promoviendo su salud física, mental y emocional.

Referencias

- Adrian, M., Zeman, J., y Veits, G. (2011). Methodological implications of the affect revolution: A 35-year review of emotion regulation assessment in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 110(2), 171-197. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2011.03.009>
- Aron, A. R., Robbins, T. W., y Poldrack, R. A. (2014). Inhibition and the right inferior frontal cortex: One decade on. *Trends in Cognitive Sciences*, 18(4), 177-185. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.12.003>
- Bari, A., y Robbins, T. W. (2013). Inhibition and impulsivity: Behavioral and neural basis of response control. *Progress in Neurobiology*, 108, 44-79. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2013.06.005>
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121(1), 65-94. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.121.1.65>
- Bingham, C. R., Simons-Morton, B. G., Pradhan, A. K., Li, K., Almani, F., Falk, E. B., Shope, J. T., Buckley, L., Ouimet, M. C., y Albert, P. S. (2016). Peer passenger norms and pressure: Experimental effects on simulated driving among teenage males. *Transportation Research. Part F, Traffic Psychology and Behaviour*, 41(A), 124-137. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.06.007>
- Berridge, C. W., y Devilbiss, D. M. (2011). Psychostimulants as cognitive enhancers: The prefrontal cortex, catecholamines, and attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biological Psychiatry*, 69(12), e101-e111. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2010.06.023>
- Blakemore, S. J., Burnett, S., y Dahl, R. E. (2010). The role of puberty in the developing adolescent brain. *Human Brain Mapping*, 31(6), 926-933. <https://doi.org/10.1002/hbm.21052>
- Blakemore, S. J., y Choudhury, S. (2006). Brain development during puberty: State of the science. *Developmental Science*, 9(1), 11-14. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2005.00456.x>
- Braunstein, L. M., Gross, J. J., y Ochsner, K. N. (2017). Explicit and implicit emotion regulation: A multi-level framework. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 12(10), 1545-1557. <https://doi.org/10.1093/scan/nsx096>
- Buhle, J. T., Silvers, J. A., Wage, T. D., Lopez, R., Onyemekwu, C., Kober, H., Webe, J., y Ochsner, K. N. (2014). Cognitive reappraisal of emotion: A meta-analysis of human neuroimaging studies. *Cerebral Cortex*, 24(11), 2981-2990. <https://doi.org/10.1093/cercor/bht154>
- Burgos-Robles, A., Kimchi, E. Y., Izadmehr, E. M., Porzenheim, M. J., Ramos-Guasp, W. A., Nieh, E. H., Felix-Ortiz, A. C., Namburi, P., Leppla, C. A., Presbrey, K. N., Anandalingam, K. K., Pagan-Rivera, P. A., Anahtar, M., Beyeler, A., y Tye, K. M. (2017). Amygdala inputs to prefrontal cortex guide behavior amid conflicting cues of reward and punishment. *Nature Neuroscience*, 20(6), 824-835. <https://doi.org/10.1038/nn.4553>
- Caballero, A., Orozco, A., y Tseng, K. Y. (2021). Developmental regulation of excitatory-inhibitory synaptic balance in the prefrontal cortex during adolescence. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 118, 60-63. <https://doi.org/10.1016/j.semcd.2021.02.008>

- Carter, C. S., y Van Veen, V. (2007). Anterior cingulate cortex and conflict detection: An update of theory and data. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 7(4), 367-379. <https://doi.org/10.3758/CABN.7.4.367>
- Casey, B. J., Galván, A., y Somerville, L. H. (2016). Beyond simple models of adolescence to an integrated circuit-based account: A commentary. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 17, 128. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.12.006>
- Casey, B., Getz, S., y Galvan, A. (2008). The adolescent brain. *Developmental Review*, 28(1), 62-77. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2007.08.003>
- Casey, B. J., Heller, A. S., Gee, D. G., y Cohen, A. O. (2019). Development of the emotional brain. *Neuroscience Letters*, 693, 29-34. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2017.11.055>
- Casey, B. J., y Jones, R. M. (2010). Neurobiology of the adolescent brain and behavior: Implications for substance use disorders. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 49(12), 1189-1201. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2010.08.017>
- Cerliani, L., Mennes, M., Thomas, R. M., Di Martino, A., Thioux, M., y Keysers, C. (2015). Increased functional connectivity between subcortical and cortical resting-state networks in autism spectrum disorder. *JAMA Psychiatry*, 72(8), 767-777. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2015.0101>
- Chein, J., Albert, D., O'Brien, L., Uckert, K., y Steinberg, L. (2011). Peers increase adolescent risk taking by enhancing activity in the brain's reward circuitry. *Developmental Psychology*, 14(2), F1-F10. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2010.01035.x>
- Cohen, A. O., y Casey, B. J. (2014). Rewiring juvenile justice: The intersection of developmental neuroscience and legal policy. *Trends in Cognitive Sciences*, 18(2), 63-65. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.11.002>
- Cohen-Gilbert, J. E., y Thomas, K. M. (2013). Inhibitory control during emotional distraction across adolescence and early adulthood. *Child Development*, 84(6), 1954-1966. <https://doi.org/10.1111/cdev.12085>
- Damian, S. I., Şchiopu, C., Dobrin, R., Boloş, A., y Ştefănescu, C. (2022). Neuro-bio-chemical balance within deviant delinquent behaviors in adolescents. *Bulletin of Integrative Psychiatry*, 92(1), 83-94. <https://doi.org/10.36219/BPI.2022.1.07>
- Denny, B. T., Inhoff, M. C., Zerubavel, N., Davachi, L., y Ochsner, K. N. (2015). Getting over it: Long-lasting effects of emotion regulation on amygdala response. *Psychological Science*, 26(9), 1377-1388. <https://doi.org/10.1177/0956797615578863>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Diekhof, E. K., Geier, K., Falkai, P., y Gruber, O. (2011). Fear is only as deep as the mind allows. A coordinate-based meta-analysis of neuroimaging studies on the regulation of negative affect. *NeuroImage*, 58(1), 275-285. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.05.073>
- Dillon, D. G., y Pizzagalli, D. A. (2007). Inhibition of action, thought, and emotion: a selective neurobiological review. *Applied and Preventive Psychology*, 12(3), 99-114. <https://doi.org/10.1016/j.appsy.2007.09.004>
- Dincheva, I., Drysdale, A. T., Hartley, C. A., Johnson, D. C., Jing, D., King, E. C., Ra, S., Gray, J. M., Yang, R., DeGruccio, A. M., Huang, C., Cravatt, B. F., Glatt, C. E., Hill, M. N., Casey, B. J., y Lee, F. S. (2015). FAAH genetic variation enhances fronto-amygdala function in mouse and human. *Nature Communications*, 6(1), 6395. <https://doi.org/10.1038/ncomms7395>

- Dreyfuss, M., Caudle, K., Drysdale, A. T., Johnston, N. E., Cohen, A. O., Somerville, L. H., Galván, A., Tottenham, N., Hare, T. A., y Casey, B. J. (2014). Teens impulsively react rather than retreat from threat. *Developmental Neuroscience*, 36(3-4), 220-227. <https://doi.org/10.1159/000357755>
- Ernst, M., Torrisi, S., Balderston, N., Grillon, C., y Hale, E. A. (2015). fMRI functional connectivity applied to adolescent neurodevelopment. *Annual Review of Clinical Psychology*, 11, 361-377. <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-032814-112753>
- Etkin, A., Egner, T., Peraza, D. M., Kandel, E. R., y Hirsch, J. (2006). Resolving emotional conflict: A role for the rostral anterior cingulate cortex in modulating activity in the amygdala. *Neuron*, 51(6), 871-882. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2006.07.029>
- Fareri, D. S., Gabard-Durnam, L., Goff, B., Flannery, J., Gee, D. G., Lumian, D. S., Caldera, C., y Tottenham, N. (2015). Normative development of ventral striatal resting state connectivity in humans. *Neuroimage*, 118, 422-437. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.06.022>
- Friedman, N. P., y Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: a latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(1), 101-135. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0096-3445.133.1.101>
- Fuster, J. M. (2001). The prefrontal cortex—an update: Time is of the essence. *Neuron*, 30(2), 319-333. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.1.101>
- Gardner, M., y Steinberg, L. (2005). Peer influence on risk taking, risk preference, and risky decision making in adolescence and adulthood: An experimental study. *Developmental Psychology*, 41(4), 625-635. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0012-1649.41.4.625>
- Gee, D. G., Gabard-Durnam, L. J., Flannery, J., Goff, B., Humphreys, K. L., Telzer, E. H., Hare, T. A., Bookheimer, S. Y., y Tottenham, N. (2013). Early developmental emergence of human amygdala–prefrontal connectivity after maternal deprivation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(39), 15638-15643. <https://doi.org/10.1073/pnas.1307893110>
- Giedd, J. N. (2008). The teen brain: Insights from neuroimaging. *Journal of Adolescent Health*, 42(4), 335–343. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2008.01.007>
- Giedd, J. N., Blumenthal, J., Jeffries, N. O., Castellanos, F. X., Liu, H., Zijdenbos, A., Paus, T., Evans, A. C., y Rapoport, J. L. (1999). Brain development during childhood and adolescence: A longitudinal MRI study. *Nature Neuroscience*, 2(10), 861–863. <https://doi.org/10.1038/13158>
- Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., Nugent, T. F., Herman, D. H., Clasen, L. S., Toga, A. W., Rapoport, J. L., y Thompson, P. M. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(21), 8174-8179. <https://doi.org/10.1073/pnas.0402680101>
- Gross, J. J. (1998). The emerging field of emotion regulation: An integrative review. *Review of General Psychology*, 2(3), 271–299. <https://doi.org/10.1037/1089-2680.2.3.271>
- Gullone, E., Hughes, E. K., King, N. J., y Tonge, B. (2010). The normative development of emotion regulation strategy used in children and adolescents: A 2-year follow-up study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 51(5), 567-574. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2009.02183.x>

- Guyer, A. E., Silk, J. S., y Nelson, E. E. (2016). The neurobiology of the emotional adolescent: From the inside out. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 70, 74-85. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.07.037>
- Hare, T. A., Tottenham, N., Galvan, A., Voss, H. U., Glover, G. H., y Casey, B. J. (2008). Biological substrates of emotional reactivity and regulation in adolescence during an emotional Go-NoGo task. *Biological Psychiatry*, 63(10), 927-934. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2008.03.015>
- Hein, A., Meulenbroek, P., y Turkstra, L. S. (2009). Adolescent brain and cognitive developments: Implications for clinical assessment in traumatic brain injury. *Topics in Language Disorders*, 29(3), 249–265. <https://doi.org/10.1097/TLD.0b013e3181b53211>
- Heller, A. S., y Casey, B. J. (2016). The neurodynamics of emotion: Delineating typical and atypical emotional processes during adolescence. *Developmental Science*, 19(1), 3-18. <https://doi.org/10.1111/desc.12373>
- Helion, C., Krueger, S. M., y Ochsner, K. N. (2019). Emotion regulation across the life span. En M. D'Esposito, y J. H. Grafman (Eds.), *Handbook of clinical neurology* (Vol. 163, cap. 14, pp. 257-280). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804281-6.00014-8>
- Hernández-Villalobos, J. (2013). *Influencia del contexto emocional en tareas de inhibición en adolescentes con alto y bajo índice de regulación conductual* [Tesis de Maestría no publicada]. Universidad de Guadalajara
- Hwang, K., Velanova, K., y Luna, B. (2010). Strengthening of top-down frontal cognitive control networks underlying the development of inhibitory control: A functional magnetic resonance imaging effective connectivity study. *Journal of Neuroscience*, 30(46), 15535-15545. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2825-10.2010>
- Jaeger, A. (2013). Inhibitory control and the adolescent brain: A review of fMRI research. *Psychology & Neuroscience*, 6, 23-30. <https://doi.org/10.3922/j.psns.2013.1.05>
- Jobson, D. D., Hase, Y., Clarkson, A. N., y Kalaria, R. N. (2021). The role of the medial prefrontal cortex in cognition, ageing and dementia. *Brain Communications*, 3(3), fcab125. <https://doi.org/10.1093/braincomms/fcab125>
- Littman, R., y Takács, Á. (2017). Do all inhibitions act alike? A study of go/no-go and stop-signal paradigms. *PLoS ONE*, 12(10), e0186774. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186774>
- Llamas-Alonso, L., Angulo-Chavira, A., y Ramos-Loyo, J. (2019). Behavioral and emotional regulation in adolescence: A psychophysiological approach. En M. Felicien (Ed.), *Understanding early adolescence: Perspectives, behavior and gender differences* (pp. 19–67). Nova Science Publishers.
- Luna, B., y Wright, C. (2016). Adolescent brain development: Implications for the juvenile criminal justice system. En K. Heilbrun, D. DeMatteo, y N. E. S. Goldstein (Eds.), *APA handbook of psychology and juvenile justice* (pp. 91–116). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/14643-005>
- Martin, R. E., y Ochsner, K. N. (2016). The neuroscience of emotion regulation development: Implications for education. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 10, 142-148. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.06.006>
- Martínez-Velázquez, E. S., Ramos-Loyo, J., González-Garrido, A. A., y Sequeira, H. (2015). Feedback-related negativity is enhanced in adolescence during a gambling task with and

- without probabilistic reinforcement learning. *Neuroreport*, 26(2), 45-49. <https://doi.org/10.1097/wnr.0000000000000291>
- Moeller, F. G., Barratt, E. S., Dougherty, D. M., Schmitz, J. M., y Swann, A. C. (2001). Psychiatric aspects of impulsivity. *American Journal of Psychiatry*, 158(11), 1783-1793. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.158.11.1783>
- Morawetz, C., Bode, S., Derntl, B., y Heekeren, H. R. (2017). The effect of strategies, goals and stimulus material on the neural mechanisms of emotion regulation: A meta-analysis of fMRI studies. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 72, 111-128. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.11.014>
- Munakata, Y., Herd, S. A., Chatham, C. H., Depue, B. E., Banich, M. T., y O'Reilly, R. C. (2011). A unified framework for inhibitory control. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(10), 453-459. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.07.011>
- Nelson, B. D., Fitzgerald, D. A., Klumpp, H., Shankman, S. A., y Phan, K. L. (2015). Prefrontal engagement by cognitive reappraisal of negative faces. *Behavioural Brain Research*, 279, 218-225. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2014.11.034>
- Nigg, J. T. (2017). Annual Research Review: On the relations among self-regulation, self-control, executive functioning, effortful control, cognitive control, impulsivity, risk-taking, and inhibition for developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 58(4), 361-383. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12675>
- Nigg, J. T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: Views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological Bulletin*, 126(2), 220-246. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0033-2909.126.2.220>
- Niendam, T. A., Laird, A. R., Ray, K. L., Dean, Y. M., Glahn, D. C., y Carter, C. S. (2012). Meta-analytic evidence for a superordinate cognitive control network subserving diverse executive functions. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 12(2), 241-268. <https://doi.org/10.3758/s13415-011-0083-5>
- Ochsner, K. N., Bunge, S. A., Gross, J. J., y Gabrieli, J. D. E. (2002). Rethinking feelings: An fMRI study of the cognitive regulation of emotion. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(8), 1215-1229. <https://doi.org/10.1162/089892902760807212>
- Ochsner, K. N., y Gross, J. J. (2005). The cognitive control of emotion. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(5), 242-249. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.03.010>
- Pfeifer, J. H., y Allen, N. B. (2012). Arrested development? Reconsidering dual-systems models of brain function in adolescence and disorders. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(6), 322-329. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.04.011>
- Ramos-Loyo, J., Angulo-Chavira, A., Llamas-Alonso, L., y González-Garrido, A. (2016). Sex differences in emotional contexts modulation on response inhibition. *Neuropsychologia*, 91, 290-298. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.08.023>
- Ramos-Loyo, J., Llamas-Alonso, L. A., González-Garrido, A. A., y Hernández-Villalobos, J. (2017). Emotional contexts exert a distracting effect on attention and inhibitory control in female and male adolescents. *Scientific Reports*, 7(1), 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-02020-8>
- Reynolds, L. M., y Flores, C. (2021). Mesocorticolimbic dopamine pathways across adolescence: Diversity in development. *Frontiers in Neural Circuits*, 15, 735625. <https://doi.org/10.3389/fncir.2021.735625>

- Reynoso-Orozco, O. (2016). *Relación entre el rendimiento académico y la capacidad de regulación de la conducta y las emociones en estudiantes de educación superior: Un estudio electrofisiológico*. [Tesis de Doctorado no publicada]. Universidad de Guadalajara.
- Roth, R. M., Isquith, P. K., y Gioia, G. A. (2000). *Inventario de Evaluación del Comportamiento de Funciones Ejecutivas versión para adultos BRIEF-A*. Psychological Assessment Resources.
- Rubia, K., Lim, L., Ecker, C., Halari, R., Giampietro, V., Simmons, A., Brammer, M., y Smith, A. (2013). Effects of age and gender on neural networks of motor response inhibition: From adolescence to mid-adulthood. *NeuroImage*, 83, 690–703. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.06.078>
- Rubia, K., Smith, A. B., Taylor, E., y Brammer, M. (2007). Linear age-correlated functional development of right inferior fronto-striato-cerebellar networks during response inhibition and anterior cingulate during error-related processes. *Human Brain Mapping*, 28(11), 1163–1177. <https://doi.org/10.1002/hbm.20347>
- Rubia, K., Smith, A. B., Woolley, J., Nosarti, C., Heyman, I., Taylor, E., y Brammer, M. (2006). Progressive increase of frontostriatal brain activation from childhood to adulthood during event-related tasks of cognitive control. *Human Brain Mapping*, 27(12), 973–993. <https://doi.org/10.1002/hbm.20237>
- Ryman, S. G., El Shaikh, A. A., Shaff, N. A., Hanlon, F. M., Dodd, A. B., Wertz, C. J., Ling, J. M., Barch, D. M., Stromberg, S. F., Lin, D. S., Abrams, S., y Mayer, A. R. (2019). Proactive and reactive cognitive control rely on flexible use of the ventrolateral prefrontal cortex. *Human Brain Mapping*, 40(3), 955–966. <https://doi.org/10.1002/hbm.24424>
- Shenhav, A., Botvinick, M. M., y Cohen, J. D. (2013). The expected value of control: An integrative theory of anterior cingulate cortex function. *Neuron*, 79(2), 217–240. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.07.007>
- Shulman, E. P., Smith, A. R., Silva, K., Icenogle, G., Duell, N., Chein, J., y Steinberg, L. (2016). The dual systems model: Review, reappraisal, and reaffirmation. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 17, 103–117. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.12.010>
- Silva-Contreras, L. (2019). *Actividad metabólica cerebral relacionada a inhibición de respuestas con contexto emocional en adolescentes y adultos* [Tesis de Maestría no publicada]. Universidad de Guadalajara.
- Silvers, J. A., Insel, C., Powers, A., Franz, P., Helion, C., Martin, R., Weber, J., Mischel, W., Casey, B. J., y Ochsner, K. N. (2017). The transition from childhood to adolescence is marked by a general decrease in amygdala reactivity and an affect-specific ventral-to-dorsal shift in medial prefrontal recruitment. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 25, 128–137. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2016.06.005>
- Silvers, J. A., McRae, K., Gabrieli, J. D. E., Gross, J. J., Remy, K. A., y Ochsner, K. N. (2012). Age-related differences in emotional reactivity, regulation, and rejection sensitivity in adolescence. *Emotion*, 12(6), 1235–1247. <https://doi.org/10.1037/a0028297>
- Somerville, L. H., Hare, T., y Casey, B. (2011). Frontostriatal maturation predicts cognitive control failure to appetitive cues in adolescents. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(9), 2123–2134. <https://doi.org/10.1162/jocn.2010.21572>

- Spear, L. P. (2000). The adolescent brain and age-related behavioral manifestations. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 24(4), 417-463. [https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(00\)00014-2](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(00)00014-2)
- Spear, L. P. (2013). Adolescent neurodevelopment. *Journal of Adolescent Health*, 52(2 Supl. 2), S7–S13. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2012.05.006>
- Steinberg, L. (2005). Cognitive and affective development in adolescence. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(2), 69-74. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.12.005>
- Steinberg, L. (2008). A social neuroscience perspective on adolescent risk-taking. *Developmental Review*, 28(1), 78–106. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2007.08.002>
- Stevens, M. C., Kiehl, K. A., Pearson, G. D., y Calhoun, V. D. (2007). Functional neural networks underlying response inhibition in adolescents and adults. *Behavioural Brain Research*, 181(1), 12-22. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2007.03.023>
- Stifter, C., y Augustine, M. (2019). Emotion regulation. En V. LoBue, K. Pérez-Edgar, y K. Buss (Eds.), *Handbook of emotional development* (pp. 405–430). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17332-6_16
- Taylor, B. K., Frenzel, M. R., Eastman, J. A., Embury, C. M., Agcaoglu, O., Wang, Y. P., Stephen, J. M., Calhoun, V. D., y Wilson, T. W. (2022). Individual differences in amygdala volumes predict changes in functional connectivity between subcortical and cognitive control networks throughout adolescence. *NeuroImage*, 247, 118852. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2021.118852>
- Taylor, S. F., Lee, T. G., Jonides, J., Tso, I. F., y Hernandez-Garcia, L. (2020). Theta burst transcranial magnetic stimulation of fronto-parietal networks: Modulation by mental state. *Journal of Psychiatry and Brain Science*, 5, e200011. <https://doi.org/10.20900%2Fjpbs.20200011>
- Thompson, R. A. (1994). Emotion regulation: a theme in search of definition. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 59(2/3), 25-52. <https://doi.org/10.2307/1166137>
- Tottenham, N., Hare, T. A., y Casey, B. J. (2011). Behavioral assessment of emotion discrimination, emotion regulation, and cognitive control in childhood, adolescence, and adulthood. *Frontiers in Psychology*, 2, 39. <https://doi.org/10.3389%2Ffpsyg.2011.00039>
- Tyborowska, A., Volman, I., Smeekens, S., Toni, I., y Roelofs, K. (2016). Testosterone during puberty shifts emotional control from pulvinar to anterior prefrontal cortex. *Journal of Neuroscience*, 36(23), 6156-6164. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3874-15.2016>
- van Noordt, S., y Willoughby, T. (2021). Cortical maturation from childhood to adolescence is reflected in resting state EEG signal complexity. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 48, 100945. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2021.100945>
- Vázquez Moreno, P. A. (2018). *Efecto de los pares sobre la inhibición de respuesta en adolescentes ante condiciones de cooperación y competencia: Diferencias sexuales* [Tesis de Doctorado no publicada]. Universidad de Guadalajara.
- Vázquez-Moreno, A., González-Garrido, A. A., y Ramos-Loyo, J. (2019). Delayed response improves inhibitory control in low-and high-impulsivity adolescents: Effects of emotional contexts. *International Journal of Psychological Studies*, 11(2), 42-53. <https://doi.org/10.5539/ijps.v11n2p42>
- Whittle, S., Yap, M. B. H., Yücel, M., Fornito, A., Simmons, J. G., Barrett, A., Sheeber, L., y Allen, N. B. (2008). Prefrontal and amygdala volumes are related to adolescents' affective

behaviors during parent-adolescent interactions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(9), 3652-3657.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0709815105>

Zelazo, P. D., y Cunningham, W. A. (2007). Executive function: mechanisms underlying emotion regulation. En J. J. Gross (Ed.), *Handbook of emotion regulation* (pp. 135–158). The Guilford Press.



Rol del Control Inhibitorio en la Conducta Adictiva

Olga Inozemtseva, Blanca Elizabeth Ruvalcaba Ramos, Edgar de Jesús Núñez Mejía, Dulce Nohemí Martínez Leija, Edgar Omar Herrera Hernández y Olga Maleni Mota Acosta

Laboratorio de Neuropsicología de las Adicciones, Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.

Nota de Autor

Olga Inozemtseva  <https://orcid.org/0000-0002-3013-5358>

Blanca Elizabeth Ruvalcaba Ramos  <https://orcid.org/0000-0002-4364-4506>

Edgar de Jesús Núñez Mejía  <https://orcid.org/0000-0001-8321-5573>

Dulce Nohemí Martínez Leija  <https://orcid.org/0000-0002-7701-182X>

Edgar Omar Herrera Hernández  <https://orcid.org/0009-0007-3694-5021>

Olga Maleni Mota Acosta  <https://orcid.org/0009-0000-9238-3878>

Correspondencia relacionada a este artículo deberá dirigirse a Olga Inozemtseva. Laboratorio de Neuropsicología de las Adicciones. Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Francisco de Quevedo #180, Col. Arcos Vallarta, CP 44130. Guadalajara, Jalisco, México. Teléfono: (+52) 337771150, ext. 33375. Correo electrónico: olga.inozemtseva@academicos.udg.mx

Resumen

El control inhibitorio (CI) es un proceso cognitivo que está alterado en muchas patologías psiquiátricas, incluyendo trastorno por consumo de sustancias (TCS) y adicciones conductuales. El déficit en el CI en el TCS está respaldado por varios modelos teóricos que apuntan que las fallas en el CI van de la mano con una hipersensibilización del sistema motivacional. Con base en metaanálisis y revisión sistemática, el CI en el TCS se caracteriza por un tiempo de inhibición más largo y un menor número de inhibiciones correctas, mientras que el sistema motivacional en estas personas se caracteriza por la atribución de relevancia y sesgo atencional ante los estímulos relacionados con drogas, que se exacerba en la abstinencia tardía de alrededor de 24 semanas. Los estudios realizados en el laboratorio de Neuropsicología de las Adicciones del Instituto de Neurociencias sugieren la importancia del estudio de las alteraciones en el CI en personas con TCS ante los estímulos motivacionalmente relevantes para esta población. Además, el CI conceptualizado como control cognitivo tiene un efecto moderador sobre la atribución de la relevancia a los estímulos relacionados con drogas y la gravedad de consumo, considerando la edad de inicio del consumo. Tomando en cuenta las bases genéticas y problemas de neurodesarrollo subyacentes al TCS, es relevante estudiar las alteraciones en el CI como factor premórbido para la adquisición del TCS.

Palabras clave: control inhibitorio, trastorno por consumo de sustancias, sistema motivacional, efecto moderador

Role of Inhibitory Control in Addictive Behavior

Abstract

Inhibitory control (IC) is a cognitive process that is altered in many psychiatric pathologies, including substance use disorder (SUD) and behavioral addictions. The IC deficit in SUD is supported by several theoretical models that suggest that IC failures go hand in hand with a hypersensitization of the motivational system. Based on meta-analysis and systematic review, IC in SUD is characterized by a longer inhibition time and a lower number of correct inhibitions, while the motivational system in these people is characterized by the attribution of relevance and attentional bias to the drug-related stimuli, which is exacerbated in late abstinence of about 24 weeks. The studies carried out in the Neuropsychology of Addictions laboratory of the Institute of Neurosciences suggest the importance of studying alterations in IC in people with SUDs when faced with motivationally relevant stimuli for this population. Furthermore, IC conceptualized as cognitive control has a moderating effect on the attribution of relevance to drug-related stimuli and the severity of consumption, considering the age of initiation of consumption. Considering the genetic bases and neurodevelopmental disorders underlying SUD, it is relevant to study alterations in IQ as a premorbid factor for the acquisition of SUD.

Keywords: inhibitory control, substance use disorder, motivational system, moderating effect

Rol del Control Inhibitorio en la Conducta Adictiva

El Control Inhibitorio (CI) es un proceso cognitivo que por muchos autores se ha considerado como una función ejecutiva (Bari y Robbins, 2013; Miyake et al., 2000) que tiene un papel muy importante en la actividad cognitiva, regulación emocional y de la conducta en general (Bechara, 2005; Friedman et al., 2008; Miyake et al., 2000). Así, el CI se puede definir como un proceso cognitivo que permite suprimir una respuesta inadecuada ante una situación, o bien la capacidad para ejercer el control voluntario sobre las conductas innatas y/o automatizadas. Además, permite el control atencional en una tarea, a través de concentración en la información relevante e inhibición de la información irrelevante. Así mismo, es responsable de suprimir contenido previamente activado, eliminar contenido irrelevante o resistir a la interferencia de contenido (Bjorklund y Harnishfeger, 1995).

A lo largo del desarrollo del concepto del *control inhibitorio* se han propuesto varias clasificaciones de éste. Se distingue el CI voluntario y automático (Bari y Robbins, 2013). Las formas automáticas de la inhibición se expresan principalmente a través de la extinción de las conductas aprendidas de manera implícita (p.ej. condicionamiento), mientras que la inhibición voluntaria puede dividirse en cognitiva, conductual, de interferencia y oculomotora. La inhibición cognitiva hace referencia a la capacidad de inhibir los pensamientos, ideas irrelevantes para la ejecución de cierta tarea. El CI conductual permite suspender respuesta motora no deseada. En caso del CI oculomotor, se requiere de inhibición voluntaria de la respuesta automática, congénita, preponderante que es el reflejo sacádico. Finalmente, el CI de interferencia da posibilidad de prevenir la interferencia debida a la competencia de recursos o estímulos (Bari y Robbins, 2013; Nigg, 2000). Según Braver (2012) el CI motor también se puede dividir en reactivo y proactivo. El CI reactivo se refiere a una respuesta rápida, no planeada que se activa inmediatamente ante un estímulo de interferencia sin anticipación de las consecuencias; mientras el CI proactivo se conceptualiza como una forma de selección temprana de respuesta que se mantiene presente activamente para lograr el objetivo. Más aun, parece que las características del CI cambian si hay presencia de un componente motivacional tal como un reforzador, un estímulo novedoso o altamente motivante. Este tipo de control inhibitorio, Nigg (2000) lo distingue como CI motivacional.

Alteraciones en el CI forman parte del cuadro clínico de un amplio espectro de trastornos de la conducta y patologías psiquiátricas, entre éstos están trastorno de déficit de atención e hiperactividad, esquizofrenia, trastorno obsesivo-compulsivo, trastorno por consumo de sustancias, adicciones conductuales, entre otros (American Psychiatric Association [APA], 2013).

El Trastorno por Consumo de Sustancias (TCS) se define como un trastorno crónico de reincidencia que se caracteriza por un comportamiento compulsivo de búsqueda y consumo de la sustancia, pérdida del control en el consumo y un incremento importante del estado emocional negativo (ej. ansiedad, irritabilidad, disforia) cuando el acceso a la sustancia está restringido (Koob y Le Moal, 2006). La ingesta recurrente de la sustancia provoca un cambio subyacente en distintos circuitos cerebrales que persisten más allá de la fase de desintoxicación. Más aún, estos cambios se ven reflejados de manera conductual en las repetidas recaídas y en el deseo intenso por consumir las drogas cuando los individuos están expuestos a estímulos relacionados con las sustancias. Además, una característica esencial

del trastorno es el conjunto de síntomas cognitivos, conductuales y fisiológicos que indican que la persona mantiene el consumo de la sustancia a pesar de los problemas sustanciales relacionados con ésta (APA, 2013).

Según el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales ([DSM-5] (APA, 2013) el TCS puede ser diagnosticado con base en 11 criterios establecidos internacionalmente, organizados en cuatro grupos, uno de estos grupos (criterios de 1 a 4) se refieren al deterioro en el control del consumo de sustancias; es decir, las alteraciones en el control inhibitorio en el TCS se consideran como parte sustancial del cuadro clínico del trastorno y se toman en cuenta para su diagnóstico.

Recientemente, diversos grupos de investigadores se han interesado en un nuevo grupo de trastornos que se han denominado “adicciones conductuales”. Al respecto, se ha propuesto que existen conductas, además del consumo de sustancias, que generan una marcada sensación de recompensa a corto plazo y, por lo tanto, favorecen en ciertas personas, un posterior enganche para continuar su realización; a pesar de que tengan consecuencias negativas significativas (Grant et al., 2010). En este reciente campo de investigación se ha planteado que pudiera existir adicción al trabajo (Schaufeli et al., 2008), al ejercicio (Berczik et al., 2012), a la comida (Adams et al., 2019); pero la adicción conductual que se ha investigado con una mayor profundidad es el juego patológico o la ludopatía.

La más reciente edición del DSM-5 (APA, 2013) define la ludopatía como el juego problemático que es persistente y recurrente, que ocasiona un malestar clínicamente significativo. Un cambio importante en la mencionada versión es que la ludopatía pasó de clasificarse en el apartado de “Trastornos del control de los impulsos” al apartado de “Trastornos relacionados con sustancias y trastornos adictivos”. Este cambio en la conceptualización se justifica por toda la investigación previa que ha reportado semejanzas entre la ludopatía y los trastornos por consumo de sustancias respecto a las características clínicas y neurofisiológicas (Leeman y Potenza, 2012; Potenza, 2008; Tanabe et al., 2007; Wareham y Potenza, 2010), contribuyendo de esta manera al planteamiento de nuevas posibilidades para tratamiento. Siguiendo la propuesta del DSM-5 (APA, 2013), la ludopatía se manifiesta con la presentación de cuatro (o más) de los 8 criterios de diagnóstico, entre los cuales uno, igual como en el TCS, hace referencia a dificultades para controlar, reducir o abandonar el juego.

Además de la ludopatía, en las últimas décadas ha llamado la atención el aumento de internautas a nivel mundial y se han investigado las consecuencias del uso excesivo del internet. Acorde con esta línea, en la literatura se ha llegado a proponer que pudiera ser considerada una nueva adicción conductual (Berner et al., 2014; Caplan, 2002; Gámez-Guadix et al., 2015; Lin et al., 2012; Morioka et al., 2017; Sung et al., 2013; Yen et al., 2009). Aunque se han utilizado numerosas denominaciones para esta conducta (adicción al internet, uso patológico del internet, uso compulsivo de internet), el término que ha tenido mayor popularidad recientemente es el de “Uso Problemático de Internet” (UPI).

El UPI se ha definido como la incapacidad para controlar el uso que se hace del internet, que eventualmente causa dificultades psicológicas, sociales, académicas y/o laborales (Beard y Wolf, 2001). En el campo de investigación sobre UPI, uno de los modelos explicativos que ha sido un punto de referencia es el modelo cognitivo propuesto por Davis (2001), el cual

propone que el UPI es consecuencia de un conjunto de cogniciones (como la preocupación frecuente por estar conectado y anticipar las futuras conexiones).

Considerando los componentes centrales de la conducta adictiva (relevancia exagerada de los estímulos relacionados con el objeto de la adicción y falta de control inhibitorio sobre la conducta, principalmente ante estos estímulos), en usuarios con UPI se ha reportado preferencia hacia estímulos visuales de internet, reflejando mayor sensibilización hacia tales estímulos como altamente recompensantes (Dong et al., 2011; Schimmenti et al., 2018); asociaciones implícitas hacia imágenes de internet (Chen et al., 2018) e imágenes de celular (Roh et al., 2018); y sesgo atencional hacia estímulos relacionados con el internet (Nikolaidou et al., 2019). Respecto al segundo componente (de control de la conducta), se ha reportado dificultad en la toma de decisiones, manifestadas con una preferencia por los estímulos de recompensa inmediatos sin importar las consecuencias a largo plazo (Guo et al., 2018; Sun et al., 2009); además, se ha encontrado alteración en el control y regulación cognitivo (Seok et al., 2015); un bajo funcionamiento ejecutivo (Müller et al., 2021); y un nivel alto de impulsividad (Davis et al., 2002; Zhou et al., 2014). Es de resaltar que, aunque se han encontrado similitudes entre UPI y las conductas adictivas y que han reportado las consecuencias negativas que puede ocasionar el UPI, sigue en debate que pueda considerarse como una nueva adicción conductual.

Con base en la información presentada, es evidente que alteraciones en el CI de la conducta es un aspecto cognitivo-conductual central de los trastornos adictivos relacionados tanto con el consumo de sustancias como conductuales. Las fallas en el CI se manifiestan con mayor intensidad ante los estímulos relacionados con el objeto de la adicción. El estudio de la asociación entre las fallas en el CI y estado motivacional de una persona con dependencia que se encuentra ante los estímulos relacionados con su adicción podría contribuir a comprender mejor la conducta adictiva y aportar la información para lograr una mayor eficacia en el trabajo del tratamiento y la prevención de los trastornos adictivos. Por lo tanto, el objetivo del presente artículo es exponer los logros que se han obtenido en este campo por los estudios realizados en el laboratorio de Neuropsicología de las Adicciones del Instituto de Neurociencias.

Bases Teóricas de las Características Cognitivo-Conductuales de la Conducta Adictiva

Las bases teóricas de las alteraciones a nivel cognitivo-conductual en las adicciones se explican de mejor manera a través de los modelos del procesamiento dual que fueron propuestos a lo largo de las últimas tres décadas. La idea de sistemas mentales duales fue introducida en la psicología a través de los trabajos de Sigmund Freud, quien identificó las diferencias entre el pensamiento primario, motivado por satisfacer los deseos, además de ser asociativo y no dirigido en su estructura; y el pensamiento secundario, racional, dirigido a alcanzar metas y resolver problemas. El argumento central es que el comportamiento es causado por procesos inconscientes que entran en conflicto con los procesos conscientes. Sin embargo, en la actualidad, esta idea se queda corta con las teorías contemporáneas de procesamiento dual. Evans y Conventry (2005) mencionan que es importante distinguir entre las teorías de procesos duales y las de sistemas duales del pensamiento. En la primera se especifica que hay dos procesos distintos de pensamiento que compiten por el control del comportamiento, y en la segunda se atribuye el origen de estos procesos duales a sistemas cognitivos biológicos distintos, con historias evolutivas diferentes. A estos sistemas se le

atribuyen distintas características. El primer sistema es rápido, paralelo y de naturaleza asociativa y pragmática. Tiene un origen evolutivo antiguo y un algoritmo de aprendizaje general que comparte con los sistemas cognitivos de los animales superiores, y su funcionamiento es inconsciente y automático. Por su parte, el segundo sistema es lento y secuencial, requiere recursos centrales de la memoria de trabajo y se encuentra correlacionado con el cociente intelectual. Su evolución es reciente y es único anatómicamente en los humanos. Este sistema se ha asociado con el pensamiento abstracto y la resolución de problemas generales, y es consciente y voluntario. La evidencia de este modelo señala que el primer sistema prepara las respuestas, basado en las creencias, el conocimiento previo e incluso en la influencia de diferentes sesgos cognitivos, y éstas compiten con los procesos del razonamiento analítico del segundo sistema. Esto provoca que las respuestas sean representaciones implícitas, no conscientes, acciones impulsivas, respuestas al entorno, sin pensamiento reflexivo o razonamiento abstracto, ya que estos requieren de las capacidades del segundo sistema más nuevo del cerebro que es capaz de ejercer el control voluntario y consciente sobre los impulsos motivacionales generados por el primer sistema.

En concordancia con lo anterior, Curtin et al. (2006) proponen el modelo de procesos motivacionales implícitos y explícitos, en el que se menciona que el comportamiento adictivo está respaldado por diferentes tipos de procesamiento de información, el implícito, que se lleva a cabo de manera automática o sin una conciencia significativa, e incluye la evaluación de estímulos en términos de su significado emocional y motivacional; y el explícito, que es planificado, es más lento, e incluye procesos controlados relacionados con la deliberación consciente, la regulación emocional y los resultados esperados. Cabe mencionar que estos dos procesos coinciden con la teoría de los sistemas duales antes mencionados. Los autores mencionan que este modelo se sustenta en cinco principios sobre la motivación, el deseo y el uso real al consumo de drogas.

El primero es que la motivación por el consumo de sustancias se determina mediante mecanismos de refuerzo positivo y negativo, es decir, que las drogas tienen un fuerte valor reforzante y producen efectos apetitivos, lo que puede generar fuertes conexiones entre estímulo y respuesta no solo con la droga *per se*, sino también con estímulos asociados con los efectos gratificantes, y posteriormente con los afectos negativos relacionado con la abstinencia, lo que podría explicar en parte las posteriores recaídas en el consumo.

Como segundo principio, se menciona que una vez establecidos estos mecanismos los procesos motivacionales para el consumo a menudo operan de manera implícita, es decir, la activación de los comportamientos de búsqueda y consumo de las drogas pueden ocurrir de manera automática sin necesidad de atención o de conciencia de estos. Estos procesos motivacionales implícitos relacionados con la abstinencia o el valor incentivo de la droga son un reflejo del funcionamiento de los sistemas subcorticales. En el tercero se estipula que los procesos motivacionales relacionados con el consumo se vuelven explícitos, es decir, la persona se volverá consciente de los impulsos por el consumo, en situaciones en donde se requieran mayores recursos atencionales y de control cognitivo. Este último proporciona una función de monitoreo de las acciones y sirve para apoyar en el desempeño adecuado de las tareas o el comportamiento dirigido hacia metas adaptativas y posteriormente sesgar de manera positiva la respuesta relevante para la meta. Estas funciones se relacionan con la activación de áreas prefrontales dorsolaterales y orbitales de la corteza. El cuarto principio

menciona que estos eventos antes mencionados y relacionados con el control cognitivo tienen un sustento en investigaciones básicas, como los conflictos de respuestas, resultados desfavorables, recompensa o castigo inesperados y situaciones novedosas en las que no se han establecido previamente asociaciones estímulo-respuesta. Por último, se menciona que el control cognitivo se activa para apoyar e inhibir el uso de las sustancias, por lo que los factores que afectan esta función son clínicamente importantes. De esta manera, Wiers y Stacy (2006) plantean que la paradoja central del comportamiento adictivo es que las personas siguen usando las drogas, a pesar de conocer el daño que les provoca. De esta forma, plantean que el comportamiento está parcialmente dirigido por los procesos implícitos o automáticos ejerciendo una influencia importante fuera del control consciente. Los autores del modelo de procesamiento dual señalan que el cerebro cambia como resultado del continuo uso de las sustancias, lo que provoca que el sistema impulsivo (implícito) se vuelva más sensible a las drogas y a los estímulos que predicen su uso, por lo que éstas capturan automáticamente la atención y fomentan el inicio automático de las acciones de aproximación a las sustancias. Es importante señalar que estas tendencias de comportamiento pueden ser inhibidas si la persona tiene la suficiente habilidad y motivación para hacerlo (control cognitivo). Sin embargo, los efectos a largo plazo de muchas de las drogas provocan alteraciones en la capacidad de inhibir y regular esas tendencias de acción, es decir, las drogas afectan los procesos cognitivos controlados (explícitos), mientras que dejan intactos los procesos asociativos automáticos (implícitos). De esta manera se plantea en el modelo que los cambios en el equilibrio entre los dos sistemas provocan que el comportamiento adictivo sea más impulsado por estímulos relacionado con las sustancias, y que estos estén fuera del control consciente a medida que se desarrolla la dependencia a la sustancia.

Con este enfoque del trastorno del procesamiento dual aplicado a trastornos adictivos fueron propuestos diversos modelos teóricos. Uno de estos modelos propuesto por Goldstein y Volkow (2002) conceptualiza la adicción a las drogas como un síndrome de deterioro de la inhibición de la respuesta ante la atribución de la relevancia, y lo nombraron Síndrome de la Adicción "I-RISA", el cual es un modelo que propone que los comportamientos y los estados motivacionales asociados con la adicción son los procesos que llevan a la pérdida de comportamientos autodirigidos y se convierten en respuestas automáticas impulsadas por los sentidos y la atribución de relevancia primaria que se le otorga a la droga de abuso. Conforme avanza el proceso adictivo, estas respuestas automáticas se convierten en tendencias de acción crónica que son difíciles de detener, las cuales contribuyen a que las personas con TCS presenten múltiples recaídas. Otros modelos semejantes apuntan a la misma conceptualización (Jentsch y Taylor, 1999; Volkow et al., 2003).

A la luz de las investigaciones recientes, desde el punto de vista cognitivo-conductual y con el enfoque neuropsicológico, el TCS es visto como un trastorno que involucra la alteración de tres sistemas interdependientes: de valencia positiva, de valencia negativa y de valencia neutra. El sistema de valencia positiva se relaciona con aquellos procesos motivacionales que generan las conductas de búsqueda y aproximación a los estímulos altamente gratificantes (en este caso es la droga), incluye el aprendizaje basado en la recompensa, valoración de la recompensa, expectativa, selección de la acción y finalmente el hábito. El sistema de valencia neutra involucra alteraciones en procesos cognitivos, principalmente en el control inhibitorio, que impide la regulación de la conducta ante la presencia del estímulo altamente gratificante.

Finalmente, la valencia negativa comprende la compulsión conductual que se refiere a la presencia del comportamiento repetitivo, sin un objetivo claro que es difícil de interrumpir. Los autores señalan que dichos componentes centrales se observan tanto en los trastornos por consumo de sustancia, como en las adicciones conductuales (ludopatía) (Yücel, et al., 2019).

Alteraciones del Control Inhibitorio en Personas con el Trastorno por Consumo de Sustancias

El CI motor es el más estudiado en la población adulta diagnosticada con algún tipo de TCS principalmente a través de los paradigmas Go/NoGo (GNG) y Stop signal (SST) en diferentes variantes. La cantidad de errores de comisión en la GNG y el tiempo de reacción ante la señal de parada (SSRT) en la SST son las medidas más informativas de inhibición en cada tarea, según reportado en la literatura. Aunque ambas tareas evalúan el CI motor, cada una mide un aspecto diferente de la inhibición. La SST se enfoca en medir la cancelación de una respuesta puesta en marcha, la cual se ha asociado con el tipo de CI reactivo, la GNG mide la suspensión de una respuesta no deseada que aún no se ha iniciado y se ha asociado con el tipo de CI proactivo (Jahanshahi et al., 2015; Wright et al., 2014).

Los diferentes estudios neuropsicológicos a menudo muestran resultados contradictorios, ya que algunos si encuentran una inhibición de la respuesta más deficiente en los adultos con TCS en comparación con adultos sanos, otros estudios no encuentran diferencias entre los grupos. Estas discrepancias podrían deberse a diferentes factores, tales como edad, sexo, tiempo de consumo, duración de la abstinencia, sustancia de impacto. Uno de los métodos más eficientes para aclarar las discrepancias entre los estudios es a través de revisiones sistemáticas o metaanálisis, que permiten generalizar los resultados de manera más eficiente. Así, en un metaanálisis previo de Smith et al. (2014) sobre CI motor evaluado con la SST y con dos versiones de la GNG (equiprobable y Go-frecuente/NoGo-no frecuente) en adultos dependientes o con consumo crónico de diferentes sustancias, encontraron que con la GNG equiprobable los usuarios de MDMA, los abusadores de alcohol y usuarios de opioides, no presentaron déficits en el rendimiento en ninguna medida (errores de comisión, errores de omisión, tiempo de reacción Go), sin embargo, los dependientes de alcohol si tuvieron un incremento en los errores de comisión, con un tamaño del efecto pequeño-mediano indicativo de déficits en la inhibición. Este grupo también mostró un aumento significativo en los errores de omisión, que se han relacionado con problemas atencionales. En la GNG Go-frecuente/NoGo-no frecuente encontraron efectos pequeños pero significativos en la cantidad de errores de comisión en los grupos de consumo de psicoestimulantes (usuarios de cocaína, MDMA y tabaco) y no mostraron efectos en otras medidas no relacionadas directamente con los procesos inhibitorios, lo que reflejaría que el pobre rendimiento de estos grupos es específico del CI. Así mismo, en la SST para la medida del SSRT se registraron los tamaños del efecto significativos (entre pequeños y grandes) en los usuarios de metanfetamina, cocaína, dependientes de alcohol y abusadores de alcohol. Los usuarios de metanfetamina mostraron el tamaño del efecto más grande que el resto de los grupos, indicando los problemas en el CI más severo que los usuarios de otras sustancias. En los usuarios de cannabis no encontraron déficits inhibitorios ni de otro tipo.

Por su parte, Czereminski et al. (2017) realizaron una revisión sistemática sobre el CI específicamente en consumidores de crack y/o cocaína, debido al creciente consumo que

existe de este psicoestimulante. En esta revisión incluyeron artículos que usaran cualquier tarea enfocada en medir diferentes aspectos de CI, como la prueba Stroop, de inhibición de retorno, de 5 dígitos, la Simon task, de inhibición latente, Go/NoGo y Stop signal. Los resultados principales de esta revisión fueron que el 90% de los estudios incluidos reportaron CI deteriorado en los usuarios de crack y/o cocaína, mientras que el 10% no encontraron diferencias entre el grupo de usuarios y el grupo control.

De manera similar, en el laboratorio de Neuropsicología de las Adicciones del Instituto de Neurociencias, Universidad de Guadalajara, recientemente se llevó a cabo un metaanálisis específico sobre CI motor evaluado con las tareas GNG y SST en adultos diagnosticados con trastorno por consumo de psicoestimulantes (TCP) (cocaína y/o metanfetamina) y los resultados coinciden con lo reportado anteriormente. Para la medida de SSRT encontramos un tamaño del efecto global pequeño pero significativo con heterogeneidad moderada, debido a la heterogeneidad se corrieron análisis de meta-regresión y se encontró que el tiempo de abstinencia y el año de publicación de los estudios tuvieron una contribución negativa significativa. Esta contribución negativa sugiere que con menor tiempo de abstinencia y que entre más antiguos sean los estudios, el SSRT es mayor (es decir el tiempo de inhibición es más lento). Está ampliamente reportado que existe una recuperación gradual del CI reactivo en las personas con TCP que tienen largos periodos de abstinencia (Barrós-Loscertales et al., 2020; Ceceli et al., 2023; Dai et al., 2022; Ide et al., 2015; Sakoglu et al., 2019) lo cual es consistente con nuestro hallazgo, y por su parte, la influencia que parece tener el año en el que se hizo la publicación de los estudios podría estar relacionada con la forma en la que fue calculado el SSRT, ya que antes del 2017 el método de la media fue ampliamente usado y actualmente se considera un método sesgado (Verbruggen et al., 2019). Para la medida de errores de comisión, el modelo de efectos aleatorios también reveló un tamaño del efecto significativo sin heterogeneidad. Los hallazgos de este meta-análisis son consistentes con los reportados previamente por Smith et al. (2014).

En resumen, los resultados de los meta-análisis y la revisión sistemática sugieren que, si existen déficits inhibitorios en los adultos consumidores de sustancias, sin embargo, la magnitud del déficit varía con el tipo de sustancia consumida y se ve moderada por la duración de la abstinencia. Adicionalmente, los resultados específicos en los adultos con TCP sugieren que muestran un patrón de déficits más acentuados en la inhibición proactiva, lo cual ya se ha propuesto en otros estudios (Brevers et al., 2018; Dai et al., 2022), mientras que la inhibición reactiva parece estar intacta después de periodos prolongados de abstinencia (Dai et al., 2022).

Control Inhibitorio en Adicciones Conductuales

Al igual que lo encontrado en otros trastornos adictivos, se han resaltado alteraciones en el CI en usuarios con UPI. Este punto se manifiesta específicamente en la inhabilidad para detener el uso del internet a pesar del deseo de hacerlo. La dificultad del autocontrol afecta el plano interpersonal, la salud y el desempeño laboral o escolar en usuarios con UPI (Gámez-Guadix et al., 2015). Los problemas en el CI también se han manifestado en el uso excesivo y la preocupación y anticipación por conectarse (Caplan y High, 2006). Se ha encontrado que un menor CI predice una mayor cantidad de horas invertidas en las actividades de ocio en internet

(Davis et al., 2002; Kräplin et al., 2020;). Además, se ha reportado un mayor efecto Stroop que indican dichas dificultades en el CI (Dong et al., 2011; Schimmenti et al., 2018).

Sin embargo, tales dificultades del CI en usuarios con UPI han sido inconsistentes en la literatura; ya que también se ha reportado que las personas con UPI tuvieron mejor desempeño en una tarea de paradigma Go-NoGo para valoración de CI motor (Sun et al., 2009); y en el paradigma Stroop se observó que no existía relación significativa entre tal medida y UPI (Darnai et al., 2009; Wegmann et al., 2020).

En una investigación reciente realizada en el laboratorio de Neuropsicología de las Adicciones, se encontró que los usuarios con UPI no tuvieron diferencias significativas cuando se compararon con usuarios con uso controlado del internet; en mediciones de Stroop y el paradigma de Stop-signal. En la literatura se ha comentado que las personas con UPI pudieran beneficiarse de las experiencias online para tener un mejor CI (como en el caso de los videojugadores; Sun et al., 2009). Además, se ha mencionado que las personas con UPI quizá pudieran tener una afectación, pero exclusiva en las funciones ejecutivas de un orden superior, como la flexibilidad cognitiva y atención alternada (Wegmann et al., 2020). Será necesario continuar realizando investigación empírica en este tema.

Alteraciones en el Sistema Motivacional Debido al Consumo de Sustancias Psicoactivas

Como se mencionó anteriormente el TCS es un trastorno que puede ser conceptualizado por un desequilibrio entre dos sistemas, uno que es responsable de la generación de la conducta con base en los estímulos motivantes (sistema motivacional), y otro es responsable de la regulación de estos impulsos conductuales generados por los estímulos salientes (sistema de control).

El sistema motivacional es un conjunto de estructuras en el cerebro que forman un circuito que procesan y responden a estímulos ambientales significativos, como amenazas o recompensas, facilitando la movilización del organismo hacia acciones específicas. Además, regula las sensaciones placenteras inducidas por reforzadores naturales y artificiales, como las drogas (Nestler, 2005), y se relaciona con la memoria, el *craving* y los procesos compulsivos relacionados con las drogas (Bustamante, 2012). La función principal del sistema motivacional es asegurar la supervivencia mediante la regulación de comportamientos que responden a necesidades básicas, influyendo en la atención, el procesamiento perceptual y la preparación para la acción. Este sistema actúa como mediador entre los estímulos percibidos y las respuestas emocionales y físicas (Lang y Bradley, 2010). Sin embargo, la regulación natural puede verse comprometida por factores externos que alteran su funcionamiento. Un caso particular es el consumo de sustancias psicoactivas, que puede modificar el sistema motivacional. De hecho, algunos autores (Anselme y Robinson, 2019; Koob, 2013) consideran que la adicción es una alteración en la regulación de la motivación, más que una consecuencia del consumo habitual de drogas. De acuerdo con el estudio de Chow et al. (2016), la función dopaminérgica puede estar relacionada específicamente con la atribución de relevancia al incentivo, lo que apoya la idea de Robinson y Berridge (1993) de que las señales condicionadas por el consumo de drogas pueden desencadenar estados motivacionales ("wanting") que impulsan el deseo de consumir, incluso más allá de los efectos placenteros de las drogas. Las personas con TCS tienden a otorgar una relevancia desproporcionada a los efectos reforzadores de las drogas, depreciando la relevancia de otros reforzadores naturales

como la alimentación, las interacciones sociales, el dinero, el sexo (Goldstein y Volkow, 2002). Incluso, el modelo de adicción a drogas iRISA (Daño en la Atribución de Relevancia y la Inhibición de la Respuesta, por sus siglas en inglés) propone que en este trastorno existe un desequilibrio entre las alteraciones en el sistema motivacional, que es responsable de la reactividad de señales, la atribución de relevancia a los estímulos de las drogas y la devaluación de otros reforzadores (por ejemplo, comida, sexo, dinero), y un sistema reflexivo o de control comprometido (incluido el CI), lo que se relaciona con el desarrollo, el mantenimiento y la recaída en la dependencia de drogas (Volkow et al., 2004; Volkow y Morales, 2015).

Existe un cuerpo de estudios que se han centrado en evaluar la atribución de relevancia a señales relacionadas con drogas en personas consumidoras o dependientes de drogas. Sin embargo, pocos estudios se han enfocado en determinar si existe una devaluación de otros estímulos potencialmente relevantes. Por ejemplo, Villalba Ruiz y Verdejo-García (2012) reportaron que hombres policonsumidores puntuaron con una menor activación (medida a través de la escala de Maniquí de autoevaluación) imágenes con contenido erótico en personas heterosexuales, en comparación con las respuestas de hombres heterosexuales sin consumo de sustancias. Aguilar de Arcos et al. (2008) obtuvieron resultados similares en dependientes de alcohol, cocaína, heroína y policonsumidores. Al mismo tiempo, Parvaz et al. (2017) encontraron que un grupo de control exhibía amplitudes de potencial positivo tardío (LPP) más altas (un indicador de atención motivada) hacia estímulos placenteros en comparación con los estímulos de drogas, mientras que, en un grupo dependiente de cocaína, los estímulos relacionados con las drogas causaban mayores amplitudes de LPP que los placenteros en la línea base. A los seis meses de seguimiento, esta diferencia se revirtió ya que los pacientes mostraron una mayor respuesta a imágenes placenteras (similar al grupo control) y una atención menos motivada a los estímulos relacionados con las drogas (en comparación con los placenteros) al inicio del estudio, lo que se correlacionaba con períodos más prolongados de abstinencia.

En el laboratorio de Neuropsicología de las Adicciones del Instituto de Neurociencias realizamos un estudio con el propósito de determinar si la valencia y la activación ante los estímulos relacionados con droga y otros tipos de estímulos motivacionales (en nuestro caso fueron eróticos) se cambian con la duración de la abstinencia. Para cumplir con el propósito se aplicó la escala de Maniquí de autoevaluación (valencia y activación), el valor asignado a estímulos (palabras e imágenes) relacionados con drogas, estímulos eróticos y estímulos neutros en policonsumidores de drogas en dos períodos de abstinencia (abstinencia intermedia de 4-8 semanas; y avanzada de 20-24 semanas), en comparación con un grupo control. Encontramos que el grupo en abstinencia avanzada asignó una valencia más baja que el grupo en abstinencia intermedia y mostró una tendencia hacia una valencia más baja que el grupo control para las palabras eróticas. Esto significa que el grupo en abstinencia avanzada encontró las palabras eróticas menos agradables que el grupo control y que el grupo en abstinencia intermedia. Este hallazgo fue inesperado. De hecho, va en contra de la hipótesis de la recuperación de las funciones neurocognitivas a lo largo de la abstinencia que algunos estudios han propuesto (Garavan et al., 2013; Potvin et al., 2014). Tampoco encontramos una disminución en la sobrevaloración de los estímulos de drogas acompañada de un aumento en la valoración de los estímulos eróticos a medida que avanzaba la abstinencia, como lo observaron Parvaz et al. (2017) a los seis meses de abstinencia. Por su parte, He et al. (2018)

encontraron una recuperación en las funciones del cuerpo estriado (recompensa de las drogas), la corteza prefrontal dorsolateral (control inhibitorio) y la ínsula (*craving*) en abstinencia a largo plazo (1-30 años). Así, puede ser que se requieran períodos de abstinencia superiores a 24 semanas para que los pacientes recuperen parcialmente las funciones neurocognitivas en la adicción –o intervenciones que apunten específicamente a este objetivo–, pero se necesitan investigaciones adicionales para aclarar esta cuestión.

A la luz de estos resultados, es importante señalar que puntuaciones más altas de valencia en la Maniquí de autoevaluación indican un "gusto" por el estímulo, y que puntuaciones más altas de activación sugieren una respuesta emocional percibida de hipervigilancia. Por lo tanto, podemos interpretar que los grupos dependientes de sustancias encontraron las palabras relacionadas con las drogas más placenteras o emocionantes independientemente de su etapa de abstinencia, y que ambos grupos encontraron las imágenes relacionadas con las drogas más emocionantes que el grupo control. Estos resultados subjetivos apoyan la hipótesis sobre una mayor relevancia de los estímulos relacionados con las drogas en comparación con el grupo control. Estos hallazgos también respaldan la teoría de la sensibilización al incentivo de Robinson y Berridge (2001), según la cual las señales asociadas con el consumo de drogas provocan un fuerte aumento del deseo por este estímulo, incluso en los pacientes con abstinencia avanzada, que mostraron una relevancia exacerbada de los estímulos relacionados con las drogas, posiblemente relacionado con el deseo y la recaída.

La motivación tiene una relación estrecha con la atención, ya que guía la selección y evaluación de estímulos que son motivacionalmente relevantes. Este mecanismo evolutivo permite que tanto humanos como animales enfoquen sus recursos cognitivos en señales que indican recompensa o castigo, facilitando respuestas adaptativas al entorno. Así, la atención y la motivación se consideran perspectivas diferentes de un mismo fenómeno (Lang et al., 2011). En este sentido, el estudio de los procesos atencionales en individuos con TCS permite conocer las alteraciones en el sistema motivacional. Una de las manifestaciones más estudiadas de estas alteraciones en los TCS ha sido el sesgo atencional, un fenómeno que ocurre cuando un individuo presta una atención desproporcionada a estímulos relacionados con la droga y su consumo (Field y Cox, 2008). El sesgo atencional está asociado con el riesgo de recaída en personas con TCS, ya que actúa como un vínculo cognitivo entre el contacto con estímulos de drogas, el incremento del *craving* y la posible recaída. Este sesgo es en parte involuntario e inconsciente, lo cual apunta a un proceso automático que promueve el consumo continuado de drogas (Franken, 2003). No obstante, aunque hay investigación que sugiere un papel causal del sesgo atencional en el mantenimiento del consumo de sustancias, aún no se ha determinado de manera concluyente cómo la abstinencia afecta la manifestación de este sesgo atencional. Parvaz et al., (2017) encontraron que, después de un período de abstinencia, el sesgo atencional, medido con la amplitud del potencial positivo tardío, se invertía, y los participantes se centraban más en estímulos agradables que en estímulos relacionados con drogas. Esta inversión también se asoció con una disminución en el *craving* de cocaína, sugiriendo que el cambio en el sesgo atencional está relacionado con la recuperación de síntomas clínicos.

Con el objetivo de determinar si la abstinencia de sustancias influye en el sistema motivacional de personas con TCS, en el Laboratorio de Neuropsicología de las Adicciones,

nos planteamos si la magnitud del sesgo atencional y del *craving* ante estímulos relacionados con drogas y estímulos eróticos varía en distintas etapas de abstinencia. Establecimos tres grupos: un grupo de abstinencia intermedia (GAI) con 22 personas en abstinencia de 4 a 8 semanas; un grupo de abstinencia avanzada (GAA) con 20 individuos en abstinencia de 20 a 24 semanas; y un grupo control (GC) de 20 participantes sin TCS. Mediante la tarea *Visual Probe Task* con tecnología de rastreo ocular, evaluamos la atención inicial (primera fijación) y el tiempo de fijación en imágenes eróticas, neutras y de drogas. Los resultados mostraron que, en general, la exposición a los estímulos de drogas aumentó el *craving* en los participantes con TCS, mientras que las imágenes eróticas capturaron más frecuentemente la atención en todos los grupos, particularmente del GAA. No se observaron diferencias significativas en la atención inicial entre las imágenes de drogas y las eróticas en el GAI y el GC. En cuanto al tiempo de fijación, en el GC las imágenes de drogas resultaron ser tan poco relevantes como las neutras, mientras que, en el GAA los estímulos eróticos fueron más relevantes que los de drogas y neutros. Además, la exposición a imágenes relacionadas con drogas se asoció con un incremento del *craving* en los grupos con TCS, mientras que las imágenes neutras y eróticas se asociaron con un menor *craving*. Esto subraya la posibilidad de que estímulos distintos a los de drogas puedan ayudar a mitigar el *craving*. Las diferencias en las etapas de abstinencia podrían indicar una transición en los mecanismos de recompensa y búsqueda de placer, donde la relevancia de los estímulos de drogas disminuye en etapas más avanzadas de la abstinencia y los estímulos eróticos adquieren un papel más central como fuente de gratificación. Estos hallazgos destacan la importancia de considerar la duración de la abstinencia al diseñar intervenciones para el tratamiento de los TCS. A medida que la abstinencia se prolonga, los individuos pueden experimentar cambios en sus respuestas a diversos estímulos, lo que podría influir en las estrategias para manejar el *craving* (Herrera et al., 2019).

Alteraciones en el Control Inhibitorio ante los Estímulos Motivacionales

Como se había mencionado anteriormente en las personas con TCS los cambios en el sistema motivacional se suman a los problemas de CI, lo que resulta en la dificultad que presentan de los individuos con dependencia de sustancias de detener el consumo. Por esta razón las fallas en el CI son más evidentes cuando las personas con dependencia están expuestas a estímulos relevantes relacionados con drogas, en contraste con estímulos neutros.

Para abordar esta cuestión, en el Laboratorio de Neuropsicología de las Adicciones diseñamos dos tareas comúnmente utilizadas para evaluar el CI de interferencia (Stroop y Go/No-Go), que incluyeron estímulos relacionados con drogas, no relacionados con drogas, altamente relevantes (eróticos) y neutros como distractores. Estas tareas se aplicaron a participantes con TCS (policonsumidores) en dos etapas de abstinencia (intermedia y avanzada), y un grupo control.

Los resultados destacaron que los estímulos emocionales (drogas, eróticos) generaron una mayor interferencia que los neutrales en los tres grupos. En la tarea Stroop, los participantes de los tres grupos leyeron más palabras emocionales que neutras y mostraron una mayor interferencia al inhibir el significado en palabras emocionales que en neutras. En la tarea Go/No-Go, las imágenes emocionales afectaron más la ejecución de la tarea que las imágenes de control. Los tres grupos tuvieron un tiempo de reacción más largo y un mayor número de errores de omisión y comisión en los ensayos con imágenes eróticas. Estos

resultados concuerdan con investigaciones previas (Bauer y Cox, 1998; Verbruggen y De Houwer, 2007) y respaldan la idea de que los estímulos emocionales interrumpen los procesos cognitivos en actividades controladas porque requieren una mayor asignación voluntaria de atención (Verbruggen y De Houwer, 2007).

En cuanto al efecto de los estímulos relacionados con drogas en el CI en los grupos dependientes en comparación con el grupo control, solo el grupo en abstinencia avanzada presentó un índice de interferencia mayor de palabras relacionadas con drogas vs. eróticas en la tarea Stroop. Los otros dos grupos no mostraron esta diferencia. Este hallazgo respalda la presencia del fenómeno conocido como "incubación del *craving*", que se refiere al aumento gradual en los comportamientos de búsqueda de consumo a medida que aumenta el tiempo de abstinencia, cuando se enfrentan a señales condicionadas a la autoadministración de sustancias antes de la retirada (Parvaz et al., 2017; Scheyer et al., 2016; Wang et al., 2013).

Además, en la tarea Go/No-Go se observaron tiempos de reacción más largos y un mayor número de omisiones en el grupo en abstinencia avanzada. Este patrón de desempeño podría indicar una mayor atención selectiva hacia los estímulos emocionales, lo que sugiere que los dependientes de sustancias con 20-24 semanas de abstinencia muestran sensibilización a los estímulos relacionados con drogas. Estos hallazgos sugieren que los pacientes en el período de abstinencia de 20-24 semanas podrían ser más susceptibles a recaer cuando se exponen a estímulos relacionados con drogas (Uhl et al., 2019).

En relación con nuestra hipótesis de un mayor efecto de los estímulos eróticos sobre el CI, solo encontramos que las palabras eróticas produjeron mayor interferencia en el grupo control que las neutrales o relacionadas con drogas, mientras que los grupos dependientes no manifestaron interferencia por las palabras eróticas. Sin embargo, es importante recordar que el grupo en abstinencia avanzada sí mostró una mayor interferencia de las palabras relacionadas con drogas en comparación con las eróticas y neutras. Con base en estos resultados, podemos suponer que los pacientes con dependencia de sustancias presentan alteraciones duraderas, quizás permanentes, en el sistema motivacional que podrían enmascararse durante la abstinencia intermedia, pero que pueden manifestarse en una abstinencia avanzada. Esto podría explicar las dificultades que experimentan estos pacientes cuando intentan abstenerse de tomar drogas y sus altas tasas de recaída. Estos resultados también pueden explicarse como un proceso alostático de neuroadaptación, que supone que el uso frecuente de drogas en dosis altas conduce a cambios cerebrales permanentes que limitan los procesos hedónicos apetitivos y motivacionales ("recompensa"), en lugar de reforzar los sistemas aversivos (oponentes o "anti-recompensa") (Koob y Le Moal, 2006).

Control Inhibitorio (Control Cognitivo) como Moderador de Diferentes Manifestaciones de la Conducta Adictiva

Los modelos duales, aplicados al estudio de la adicción, proponen que los trastornos adictivos se derivan de la interacción entre la hiperactividad del sistema motivacional subcortical y la hipoactividad del sistema reflexivo cortical. Estos sistemas subyacen a dos procesos neuropsicológicos principales propuestos para explicar las adicciones, el control inhibitorio, con frecuencia comprendido e interpretado como control cognitivo sobre la conducta, y la atribución de relevancia a las señales relacionadas con las drogas (Yücel et al., 2019). Sin embargo, se sabe poco sobre cómo estos dos procesos neuropsicológicos interactúan para

influir en la gravedad del consumo de drogas en personas con TCS. Algunas evidencias, en población no clínica, sugieren que el control cognitivo podría tener un efecto moderador sobre la influencia del sistema motivacional en las conductas problemáticas, incluyendo el consumo de drogas (Kahn et al., 2018; Stevenson et al., 2015; Wegmann et al., 2020). Es decir, en algunos estudios en población no clínica se ha observado que aquellos participantes con un mayor control cognitivo no manifiestan la conducta problemática, aunque presenten síntomas de alteraciones en el sistema motivacional.

Con el objetivo de contribuir al conocimiento sobre cómo interactúan el control cognitivo y la atribución de relevancia a señales relacionadas con drogas/recompensa para influir en la gravedad del consumo en personas con TCS, en el laboratorio se realizó un estudio en población con dependencia de psicoestimulantes. Se seleccionaron y se evaluaron 72 personas con TCS con drogas de impacto como cocaína o metanfetamina. Se identificó un factor latente de control cognitivo a través de variables de inhibición de las tareas Stroop, Flancos y Go/No-Go. Para determinar la atribución de relevancia de incentivo a señales relacionadas con drogas/recompensas, se aplicó el cuestionario de relevancia de incentivo de psicoestimulantes, la tarea de detección visual con rastreador ocular, y la tarea de gasto de esfuerzo por recompensas; y la gravedad del consumo de drogas se registró a través de la escala de gravedad de consumo KMSK y una entrevista clínica exploratoria.

Como era de esperar, la atribución de relevancia a señales relacionadas con psicoestimulantes y recompensa predijeron la gravedad del consumo de drogas. Además, se encontró un efecto moderador a bajos niveles de control cognitivo en la relación entre mayores puntajes de relevancia de incentivo y mayor consumo de psicoestimulantes en gramos al mes, así como en la relación entre una menor edad de inicio en el consumo excesivo de drogas y mayores puntajes de relevancia de incentivo. Es decir, que aquellos participantes con mayor control cognitivo y mayor atribución de relevancia a señales relacionadas con psicoestimulantes mostraron una mayor gravedad de consumo de psicoestimulantes. De manera similar, aquellos participantes con mayor control cognitivo y menor edad de inicio en el consumo excesivo de drogas mostraron mayores puntajes de relevancia de incentivo.

En una población no clínica, durante la realización de una tarea tipo Stroop, Banich et al. (2019) observaron que el aumento de la actividad de la corteza prefrontal dorsolateral (DLPFC) se asociaba con un procesamiento perceptual reducido del estímulo facial irrelevante para la tarea. Esto es consistente con la idea de que el control cognitivo de arriba hacia abajo puede modular el procesamiento de información que es irrelevante para la tarea. La clave aquí radica en el papel del DLPFC a la hora de generar un comportamiento adaptado al objetivo de la tarea, cuando el procesamiento emocional es irrelevante. Si consideramos que, en poblaciones con TCS, los estímulos relacionados con las drogas han adquirido relevancia motivacional, entonces podríamos asumir que un mayor control cognitivo –es decir, una mayor activación del DLPFC– favorecería la relevancia motivacional de la señal relacionada con las drogas que señala el objetivo, lo que culmina en una mayor gravedad del consumo de drogas, como observamos en nuestros resultados (Ruvalcaba Ramos y Inozemtseva, 2023).

Conclusiones

Las alteraciones en el control inhibitorio, predominantemente motor, resultan esenciales para caracterizar la población con TCS desde el punto de vista cognitivo-conductual. Estas

alteraciones se manifiestan a través de un tiempo de inhibición más largo y menor porcentaje de inhibiciones correctas. Considerando que otro aspecto comprometido en la conducta adictiva es la hipersensibilización del sistema motivacional, resulta importante caracterizar estas alteraciones del control inhibitorio ante la exposición de las personas con TCS a los estímulos relacionados con drogas. El fenómeno de TCS tiene una sólida base genética, además de evidencias de antecedentes de problemas de neurodesarrollo, lo que indica que las alteraciones en el control inhibitorio podría ser un factor premórbido para la adquisición del TCS, lo que requiere de futuras investigaciones, que podrían ser relevantes para la prevención de esta enfermedad.

Referencias

- Adams, R. C., Sedgmond, J., Maizey, L., Chambers, C. D., y Lawrence, N. S. (2019). Food addiction: Implications for the diagnosis and treatment of overeating. *Nutrients*, 11(9), 2086. <https://doi.org/10.3390/nu11092086>
- Aguilar de Arcos, F., Verdejo-García, A., Ceverino, A., Montañez-Pareja, M., López-Juárez, E., Sánchez-Barrera, M., López-Jiménez, A., Pérez-García, M., y PEPSA Team. (2008). Dysregulation of emotional response in current and abstinent heroin users: Negative heightening and positive blunting. *Psychopharmacology*, 198(2), 159-166. <https://doi.org/10.1007/s00213-008-1110-2>
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5a. ed.). <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>
- Anselme, P., y Robinson, M. J. F. (2019). Incentive motivation: The missing piece between learning and behavior. En K. A. Renninger, y S. E. Hidi (Eds.), *The Cambridge handbook of motivation and learning* (pp. 163-182). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316823279.009>
- Banich, M. T., Smolker, H. R., Snyder, H. R., Lewis-Peacock, J. A., Godinez, D. A., Wager, T. D., y Hanking, B. L. (2019). Turning down the heat: neural mechanisms of cognitive control for inhibiting task-irrelevant emotional information during adolescence. *Neuropsychologia*, 125, 93-108. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.12.006>
- Bari, A., y Robbins, T. W. (2013). Inhibition and impulsivity: Behavioral and neural basis of response control. *Progress in Neurobiology*, 108, 44-79. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2013.06.005>
- Barrós-Loscertales, A., Costumero, V., Rosell-Negre, P., Fuentes-Claramonte, P., Llopis-Llacer, J., y Bustamante, J. C. (2020). Motivational factors modulate left frontoparietal network during cognitive control in cocaine addiction. *Addiction Biology*, 25(4), e12820. <https://doi.org/10.1111/adb.12820>
- Bauer, D., y Cox, W. M. (1998). Alcohol-related words are distracting to both alcohol abusers and non-abusers in the Stroop colour-naming task. *Addiction*, 93(10), 1539-1542. <https://doi.org/10.1046/j.1360-0443.1998.9310153910.x>
- Beard, K. W., y Wolf, E. M. (2001). Modification in the proposed diagnostic criteria for internet addiction. *Cyberpsychology & Behavior: The Impact of the Internet, Multimedia and Virtual Reality on Behavior and Society*, 4(3), 377-383. <https://doi.org/10.1089/109493101300210286>
- Bechara A. (2005). Decision making, impulse control and loss of willpower to resist drugs: A neurocognitive perspective. *Nature Neuroscience*, 8(11), 1458-1463. <https://doi.org/10.1038/nn1584>
- Berczik, K., Szabó, A., Griffiths, M. D., Kurimay, T., Kun, B., Urbán, R., y Demetrovics, Z. (2012). Exercise addiction: Symptoms, diagnosis, epidemiology, and etiology. *Substance Use & Misuse*, 47(4), 403-417. <https://doi.org/10.3109/10826084.2011.639120>
- Berner, J. E., Santander, J., Contreras, A. M., y Gómez, T. (2014). Description of internet addiction among Chilean medical students: A cross-sectional study. *Academic Psychiatry: The Journal of the American Association of Directors of Psychiatric*

- Residency Training and the Association for Academic Psychiatry*, 38(1), 11-14.
<https://doi.org/10.1007/s40596-013-0022-6>
- Bjorklund, D. F., y Harnishfeger, K. K. (1995). The evolution of inhibition mechanisms and their role in human cognition and behavior. En Dempster, F. N., y Brainerd, C. J. (Eds.), *Interference and inhibition in cognition* (pp. 141-173). Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-208930-5.X5000-4>
- Braver, T. S. (2012). The variable nature of cognitive control: A dual mechanisms framework. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(2), 106-113. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.12.010>
- Brevers, D., Bechara, A., Kilts, C. D., Antoniali, V., Bruylant, A., Verbanck, P., Kornreich, C., y Noël, X. (2018). Competing motivations: Proactive response inhibition toward addiction-related stimuli in quitting-motivated individuals. *Journal of Gambling Studies*, 34(3), 785-806. <https://doi.org/10.1007/s10899-017-9722-2>
- Bustamante, J. C. (2012). *Neural bases of cognitive and motivational processes in cocaine addiction* [Tesis de Doctorado, Universidad Jaume I of Castellón].
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/84151/jcbustamante.pdf?sequence=1&isAllo wed=y>
- Caplan, S. E. (2002). Problematic Internet use and psychosocial well-being: Development of a theory-based cognitive-behavioral measurement instrument. *Computers in Human Behavior*, 18(5), 553-575. [https://doi.org/10.1016/S0747-5632\(02\)00004-3](https://doi.org/10.1016/S0747-5632(02)00004-3)
- Caplan, S. E., y High, A. C. (2006). Beyond excessive use: the interaction between cognitive and behavioral symptoms of problematic internet use. *Communication Research Reports*, 23(4), 265-271. <https://doi.org/10.1080/08824090600962516>
- Ceceli, A. O., Parvaz, M. A., King, S., Schafer, M., Malaker, P., Sharma, A., Alia-Klein, N., y Goldstein, R. Z. (2023). Altered prefrontal signaling during inhibitory control in a salient drug context in cocaine use disorder. *Cerebral Cortex*, 33(3), 597-611. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhac087>
- Chen, K. H., Oliffe, J. L., y Kelly, M. T. (2018). Internet gaming disorder: An emergent health issue for men. *American Journal of Men's Health*, 12(4), 1151-1159. <https://doi.org/10.1177/1557988318766950>
- Chow, J. J., Nichell, J. R., Darna, M., y Beckmann, J. S. (2016). Toward isolating the role of dopamine in the acquisition of incentive salience attribution. *Neuropharmacology*, 109, 320-331. <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2016.06.028>
- Curtin, J. J., McCarthy, D. E., Piper, M. E., y Baker, T. B. (2006). Implicit and explicit drug motivational processes: A model of boundary conditions. En R. W. Wiers, y A. W. Stacy (Eds.), *Handbook of implicit cognition and addiction* (pp. 233-250). Sage Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781412976237.n16>
- Czermainski, F. R., Willhelm, A. R., Santos, Á. Z., Pachado, M. P., y de Almeida, R. M. M. (2017). Assessment of inhibitory control in crack and/or cocaine users: A systematic review. *Trends in Psychiatry and Psychotherapy*, 39, 216-225. <https://doi.org/10.1590/2237-6089-2016-0043>
- Dai, W., Zhou, H., Møller, A., Wei, P., Hu, K., Feng, K., Han, J., Li, Q., y Liu, X. (2022). Patients with methamphetamine use disorder show highly utilized proactive inhibitory control and intact reactive inhibitory control with long-term abstinence. *Brain Sciences*, 12(8), 974. <https://doi.org/10.3390/brainsci12080974>

- Darnai, G., Perlaki, G., Zsidó, A. N., Inhof, O., Orsi, G., Horváth, R., Nagy, S. A., Lábadi, B., Tényi, D., Kovács, N., Dóczy, T., Demetrovics, Z., y Janszky, J. (2019). Internet addiction and functional brain networks: Task-related fMRI study. *Scientific Reports*, 9(1), 15777. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52296-1>
- Davis, R. A. (2001). A cognitive-behavioral model of pathological internet use. *Computers in Human Behavior*, 17(2), 187-195. [https://doi.org/10.1016/S0747-5632\(00\)00041-8](https://doi.org/10.1016/S0747-5632(00)00041-8)
- Davis, R. A., Flett, G. L., y Besser, A. (2002). Validation of a new scale for measuring problematic internet use: Implications for pre-employment screening. *Cyberpsychology & Behavior: The Impact of the Internet, Multimedia and Virtual Reality on Behavior and Society*, 5(4), 331-345. <https://doi.org/10.1089/109493102760275581>
- Dong, G., Zhou, H., y Zhao, X. (2011). Male Internet addicts show impaired executive control ability: Evidence from a color-word Stroop task. *Neuroscience Letters*, 499(2), 114-118. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2011.05.047>
- Evans, J. S. B. T., y Coventry, K. (2005). A dual-process approach to behavioral addiction: The case of gambling. En R. W. Wiers, y A. W. Stacy (Eds.), *Handbook of implicit cognition and addiction* (pp. 29-43). Sage Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781412976237.n3>
- Field, M., y Cox, W. M. (2008). Attentional bias in addictive behaviors: A review of its development, causes, and consequences. *Drug and Alcohol Dependence*, 97(1-2), 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2008.03.030>
- Franken, I. (2003). Drug craving and addiction: Integrating psychological and neuropsychopharmacological approaches. *Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry*, 27, 563-579. [https://doi.org/10.1016/S0278-5846\(03\)00081-2](https://doi.org/10.1016/S0278-5846(03)00081-2)
- Friedman, N. P., Miyake, A., Young, S. E., DeFries, J. C., Corley, R. P., y Hewitt, J. K. (2008). Individual differences in executive functions are almost entirely genetic in origin. *Journal of Experimental Psychology. General*, 137(2), 201-225. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.137.2.201>
- Gámez-Guadix, M., Calvete, E., Orue, I., y Las Hayas, C. (2015). Problematic internet use and problematic alcohol use from the cognitive-behavioral model: A longitudinal study among adolescents. *Addictive Behaviors*, 40, 109-114. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2014.09.009>
- Garavan, H., Brennan, K. L., Hester, R., y Whelan, R. (2013). The neurobiology of successful abstinence. *Current Opinion in Neurobiology*, 23(4), 668-674. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2013.01.029>
- Goldstein, R. Z., y Volkow, N. D. (2002). Drug addiction and its underlying neurobiological basis: Neuroimaging evidence for the involvement of the frontal cortex. *American Journal of Psychiatry*, 159(10), 1642-1652. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.159.10.1642>
- Grant, J. E., Potenza, M. N., Weinstein, A., y Gorelick, D. A. (2010). Introduction to behavioral addictions. *The American Journal of Drug and Alcohol Abuse*, 36(5), 233-241. <https://doi.org/10.3109/00952990.2010.491884>
- Guo, L., Luo, M., Wang, W. X., Huang, G. L., Xu, Y., Gao, X., Lu, C. Y., y Zhang, W. H. (2018). Association between problematic internet use, sleep disturbance, and suicidal behavior in Chinese adolescents. *Journal of Behavioral Addictions*, 7(4), 965-975. <https://doi.org/10.1556/2006.7.2018.115>

- He, Q., Huang, X., Turel, O., Schulte, M., Huang, D., Thames, A., Bechara, A., y Hser, Y.-I. (2018). Presumed structural and functional neural recovery after long-term abstinence from cocaine in male military veterans. *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry*, 84(Pt A), 18-29. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2018.01.024>
- Herrera, E. O. (2019). *Sesgo atencional y craving en pacientes con dependencia de sustancias en dos etapas de la abstinencia* [Tesis de Maestría no publicada]. Universidad de Guadalajara.
- Ide, J. S., Hu, S., Zhang, S., Yu, A. J., y Li, C. R. (2015). Impaired bayesian learning for cognitive control in cocaine dependence. *Drug and Alcohol Dependence*, 151, 220-227. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2015.03.021>
- Jahanshahi, M., Obeso, I., Rothwell, J. C., y Obeso, J. A. (2015). A fronto-striato-subthalamic-pallidal network for goal-directed and habitual inhibition. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(12), 719-732. <https://doi.org/10.1038/nrn4038>
- Jentsch, J. D., y Taylor, J. R. (1999). Impulsivity resulting from frontostriatal dysfunction in drug abuse: Implications for the control of behavior by reward-related stimuli. *Psychopharmacology*, 146(4), 373-390. <https://doi.org/10.1007/pl00005483>
- Kahn, R. E., Chiu, P. H., Deater-Deckard, K., Hochgraf, A. K., King-Casas, B., y Kim-Spoon, J. (2018). The interaction between punishment sensitivity and effortful control for emerging adults' substance use behaviors. *Substance Use & Misuse*, 53(8), 1299-1310. <https://doi.org/10.1080/10826084.2017.1407790>
- Koob, G. F. (2013). Addiction is a reward deficit and stress surfeit disorder. *Frontiers in Psychiatry*, 4, 72. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2013.00072>
- Koob, G. F., y Le Moal, M. (2006). *Neurobiology of addiction*. Elsevier Academic.
- Kräplin, A., Scherbaum, S., Kraft, E.-M., Rehbein, F., Bühringer, G., Goschke, T., y Mößle, T. (2020). The role of inhibitory control and decision-making in the course of internet gaming disorder. *Journal of Behavioral Addictions*, 9(4), 990-1001. <https://doi.org/10.1556/2006.2020.00076>
- Lang, P. J., y Bradley, M. M. (2010). Emotion and the motivational brain. *Biological Psychology*, 84(3), 437-450. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2009.10.007>
- Lang, P. J., Bradley, M. M., y Cuthbert, B. N. (2011). Motivated attention: Affect, activation, and action. En P. J. Lang, R. F. Simons, y M. Balaban (Eds.), *Attention and Orienting: Sensory and Motivational Processes* (1.^a ed., pp. 97-136). Taylor & Francis Group. <https://www.perlego.com/book/1614927/attention-and-orienting-sensory-and-motivational-processes-pdf>
- Leeman, R. F., y Potenza, M. N. (2012). Similarities and differences between pathological gambling and substance use disorders: A focus on impulsivity and compulsivity. *Psychopharmacology*, 219(2), 469-490. <https://doi.org/10.1007/s00213-011-2550-7>
- Lin, F., Zhou, Y., Du, Y., Qin, L., Zhao, Z., Xu, J., y Lei, H. (2012). Abnormal white matter integrity in adolescents with internet addiction disorder: A tract-based spatial statistics study. *PLoS One*, 7(1), e30253. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030253>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., y Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>

- Morioka, H., Itani, O., Osaki, Y., Higuchi, S., Jike, M., Kaneita, Y., Kanda, H., Nakagome, S., y Ohida, T. (2017). The association between alcohol use and problematic internet use: A large-scale nationwide cross-sectional study of adolescents in Japan. *Journal of Epidemiology*, 27(3), 107-111. <https://doi.org/10.1016/j.je.2016.10.004>
- Müller, K. W., Werthmann, J., Beutel, M. E., Wölfling, K., y Egloff, B. (2021). Maladaptive personality traits and their interaction with outcome expectancies in gaming disorder and internet-related disorders. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 3967. <https://doi.org/10.3390/ijerph18083967>
- Nestler, E. J. (2005). Is there a common molecular pathway for addiction? *Nature Neuroscience*, 8(11), 1445-1449. <https://doi.org/10.1038/nn1578>
- Nigg, J. T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: Views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological Bulletin*, 126(2), 220-246. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.126.2.220>
- Nikolaidou, M., Fraser, D. S., y Hinest, N. (2019). Attentional bias in internet users with problematic use of social networking sites. *Journal of Behavioral Addictions*, 8(4), 733-742. <https://doi.org/10.1556/2006.8.2019.60>
- Parvaz, M. A., Moeller, S. J., Malaker, P., Sinha, R., Alia-Klein, N., y Goldstein, R. Z. (2017). Abstinence reverses EEG-indexed attention bias between drug-related and pleasant stimuli in cocaine-addicted individuals. *Journal of Psychiatry & Neuroscience*, 42(2), 78-86. <https://doi.org/10.1503/jpn.150358>
- Potenza, M. N. (2008). Review. The neurobiology of pathological gambling and drug addiction: An overview and new findings. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 363(1507), 3181-3189. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0100>
- Potvin, S., Stavro, K., Rizkallah, E., y Pelletier, J. (2014). Cocaine and cognition: A systematic quantitative review. *Journal of Addiction Medicine*, 8(5), 368-376. <https://doi.org/10.1097/ADM.0000000000000066>
- Robinson, T. E., y Berridge, K. C. (2001). Incentive-sensitization and addiction. *Addiction (Abingdon, England)*, 96(1), 103-114. <https://doi.org/10.1046/j.1360-0443.2001.9611038.x>
- Robinson, T. E., y Berridge, K. C. (1993). The neural basis of drug craving: An incentive-sensitization theory of addiction. *Brain Research. Brain Research Reviews*, 18(3), 247-291. [https://doi.org/10.1016/0165-0173\(93\)90013-p](https://doi.org/10.1016/0165-0173(93)90013-p)
- Roh, D., Bhang, S. Y., Choi, J. S., Kweon, Y. S., Lee, S. K., y Potenza, M. N. (2018). The validation of implicit association test measures for smartphone and internet addiction in at-risk children and adolescents. *Journal of Behavioral Addictions*, 7(1), 79-87. <https://doi.org/10.1556/2006.7.2018.02>
- Ruvalcaba Ramos, B. E., y Inozemtseva, O. (2023). Impaired cognitive control moderates the relationship between the attribution of incentive salience and severity of consumption in patients with methamphetamine dependence. *Drug and Alcohol Dependence*, 249, 110816. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2023.110816>
- Sakoglu, U., Mete, M., Esquivel, J., Rubia, K., Briggs, R., y Adinoff, B. (2019). Classification of cocaine-dependent participants with dynamic functional connectivity from functional

- magnetic resonance imaging data. *Journal of Neuroscience Research*, 97(7), 790-803. <https://doi.org/10.1002/jnr.24421>
- Schaufeli, W. B., Taris, T. W., y Van Rhenen, W. (2008). Workaholism, burnout, and work engagement: Three of a kind or three different kinds of employee well-being? *Applied Psychology*, 57(2), 173-203. <https://doi.org/10.1111/j.1464-0597.2007.00285.x>
- Scheyer, A. F., Loweth, J. A., Christian, D. T., Uejima, J., Rabei, R., Le, T., Dolubizno, H., Stefanik, M. T., Murray, C. H., Sakas, C., y Wolf, M. E. (2016). AMPA receptor plasticity in accumbens core contributes to incubation of methamphetamine craving. *Biological Psychiatry*, 80(9), 661-670. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2016.04.003>
- Schimmenti, A., Starcevic, V., Gervasi, A. M., Deleuze, J., y Billieux, J. (2018). Interference with processing negative stimuli in problematic internet users: Preliminary evidence from an emotional Stroop task. *Journal of Clinical Medicine*, 7(7), 177. <https://doi.org/10.3390/jcm7070177>
- Seok, J. W., Lee, K. H., Sohn, S., y Sohn, J. H. (2015). Neural substrates of risky decision making in individuals with internet addiction. *The Australian and New Zealand Journal of Psychiatry*, 49(10), 923-932. <https://doi.org/10.1177/0004867415598009>
- Smith, J. L., Mattick, R. P., Jamadar, S. D., y Iredale, J. M. (2014). Deficits in behavioural inhibition in substance abuse and addiction: A meta-analysis. *Drug and Alcohol Dependence*, 145, 1-33. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2014.08.009>
- Stevenson, B. L., Dvorak, R. D., Kuvaas, N. J., Williams, T. J., y Spaeth, D. T. (2015). Cognitive control moderates the association between emotional instability and alcohol dependence symptoms. *Psychology of Addictive Behaviors: Journal of the Society of Psychologists in Addictive Behaviors*, 29(2), 323-328. <https://doi.org/10.1037/adb0000045>
- Sun, D.-L., Chen, Z.-J., Ma, N., Zhang, X.-C., Fu, X.-M., y Zhang, D.-R. (2009). Decision-making and prepotent response inhibition functions in excessive internet users. *CNS Spectrums*, 14(2), 75-81. <https://doi.org/10.1017/s1092852900000225>
- Sung, J., Lee, J., Noh, H.-M., Park, Y. S., y Ahn, E. J. (2013). Associations between the risk of internet addiction and problem behaviors among Korean adolescents. *Korean Journal of Family Medicine*, 34(2), 115-122. <https://doi.org/10.4082/kjfm.2013.34.2.115>
- Tanabe, J., Thompson, L., Claus, E., Dalwani, M., Hutchison, K., y Banich, M. T. (2007). Prefrontal cortex activity is reduced in gambling and nongambling substance users during decision-making. *Human Brain Mapping*, 28(12), 1276-1286. <https://doi.org/10.1002/hbm.20344>
- Uhl, G. R., Koob, G. F., y Cable, J. (2019). The neurobiology of addiction. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1451(1), 5-28. <https://doi.org/10.1111/nyas.13989>
- Verbruggen, F., y De Houwer, J. (2007). Do emotional stimuli interfere with response inhibition? Evidence from the stop signal paradigm. *Cognition and Emotion*, 21(2), 391-403. <https://doi.org/10.1080/02699930600625081>
- Verbruggen, F., Aron, A. R., Band, G. P., Beste, C., Bissett, P. G., Brockett, A. T., Brown, J. W., Chamberlain, S. R., Chambers, C. D., Colonius, H., Colzato, L. S., Corneil, B. D., Coxon, J. P., Dupuis, A., Eagle, D. M., Garavan, H., Greenhouse, I., Heathcote, A., Huster, R. J.,...Boehler, C. N. (2019). A consensus guide to capturing the ability to inhibit actions and impulsive behaviors in the stop-signal task. *eLife*, 8, e46323. <https://doi.org/10.7554/eLife.46323>

- Villalba Ruiz, E., y Verdejo García, A. (2012). Emotional processing, interoception and executive functions in poly-substance users in treatment. *Trastornos Adictivos*, 14(1), 10-20. [https://doi.org/10.1016/S1575-0973\(12\)70038-7](https://doi.org/10.1016/S1575-0973(12)70038-7)
- Volkow, N. D., Fowler, J. S., y Wang, G. J. (2003). The addicted human brain: Insights from imaging studies. *The Journal of Clinical Investigation*, 111(10), 1444–1451. <https://doi.org/10.1172/JCI18533>
- Volkow, N. D., Fowler, J. S., Wang, G.-J., y Swanson, J. M. (2004). Dopamine in drug abuse and addiction: Results from imaging studies and treatment implications. *Molecular Psychiatry*, 9(6), 557-569. <https://doi.org/10.1038/sj.mp.4001507>
- Volkow, N. D., y Morales, M. (2015). The brain on drugs: From reward to addiction. *Cell*, 162(4), 712-725. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.07.046>
- Wang, G., Shi, J., Chen, N., Xu, L., Li, J., Li, P., Sun, Y., y Lu, L. (2013). Effects of length of abstinence on decision-making and craving in methamphetamine abusers. *PLoS One*, 8(7), e68791. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068791>
- Wareham, J. D., y Potenza, M. N. (2010). Pathological gambling and substance use disorders. *The American Journal of Drug and Alcohol Abuse*, 36(5), 242-247. <https://doi.org/10.3109/00952991003721118>
- Wegmann, E., Müller, S. M., Turel, O., y Brand, M. (2020). Interactions of impulsivity, general executive functions, and specific inhibitory control explain symptoms of social-networks-use disorder: An experimental study. *Scientific Reports*, 10(1), 3866. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60819-4>
- Wiers, R. W., y Stacy, A. W. (2006). Implicit cognition and addiction. *Current Directions in Psychological Science*, 15(6), 292-296. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2006.00455.x>
- Wright, L., Lipszyc, J., Dupuis, A., Thayapararajah, S. W., y Schachar, R. (2014). Response inhibition and psychopathology: A meta-analysis of go/no-go task performance. *Journal of Abnormal Psychology*, 123(2), 429-439. <https://doi.org/10.1037/a0036295>
- Yen, J.-Y., Ko, C.-H., Yen, C.-F., Chen, C.-S., y Chen, C.-C. (2009). The association between harmful alcohol use and Internet addiction among college students: Comparison of personality. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 63(2), 218-224. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1819.2009.01943.x>
- Yücel, M., Oldenhof, E., Ahmed, S. H., Belin, D., Billieux, J., Bowden-Jones, H., Carter, A., Chamberlain, S. R., Clark, L., Connor, J., Dalglisch, M., Dom, G., Dannon, P., Duka, T., Fernandez-Serrano, M. J., Field, M., Franken, I., Goldstein, R. Z., Gonzalez, R.,...Verdejo-Garcia, A. (2019). A transdiagnostic dimensional approach towards a neuropsychological assessment for addiction: An international Delphi consensus study. *Addiction*, 114(6), 1095-1109. <https://doi.org/10.1111/add.14424>
- Zhou, Z., Zhu, H., Li, C., y Wang, J. (2014). Internet addictive individuals share impulsivity and executive dysfunction with alcohol-dependent patients. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 8, 288. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2014.00288>



Variables Sociodemográficas que Modulan el Desarrollo de las Funciones Ejecutivas

Beatriz Beltrán-Navarro¹, Yanci Galdámez Hernández² y Mario Treviño³

¹Unidad de Atención en Neurociencias, Departamento de Neurociencias, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.

²Facultad de Ciencias de la Salud, Escuela de Enfermería, Universidad Católica de El Salvador. San Salvador, El Salvador.

³Laboratorio de Plasticidad Cortical y Aprendizaje Perceptual, Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.

Nota de Autor

Beatriz Beltrán-Navarro  <https://orcid.org/0000-0001-6076-3868>

Yanci Galdámez Hernández  <https://orcid.org/0000-0003-4111-5173>

Mario Treviño  <https://orcid.org/0000-0002-2476-5214>

Correspondencia relacionada a este artículo deberá dirigirse a Mario Treviño. Laboratorio de Plasticidad Cortical y Aprendizaje Perceptual. Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Francisco de Quevedo #180, Col. Arcos Vallarta, CP 44130. Guadalajara, Jalisco, México. Teléfono: (+52) 3337771150, ext. 33353. Correo electrónico: mario.trevino@academicos.udg.mx

Resumen

Desde la perspectiva de desarrollo de las funciones ejecutivas, avances científicos demuestran que el funcionamiento y maduración ejecutivo de los menores puede estar influenciado por el ambiente, a razón de ello, esta revisión tuvo como objetivo analizar a profundidad la influencia de factores sociodemográficos sobre el funcionamiento ejecutivo de niños de 2 a 7 años. Tomando en cuenta criterios inclusión preestablecidos, incluimos 22 estudios originales, en los que se aplicó la Declaración Prisma. Las bases de datos revisadas fueron IBECs, PubMed, Medline, Lilacs y Google Scholar. Encontramos que dentro de los factores sociodemográficos se discute la relación entre las variables nivel educativo materno y nivel socioeconómico, ambas se destacan como un determinante en el desarrollo y maduración del funcionamiento ejecutivo. Concluimos en la necesidad de profundizar en estudios en los que se valoren las competencias académicas maternas y las prácticas de crianza como factores moduladores del funcionamiento ejecutivo en niños de 2 a 7 años de edad.

Palabras claves: funciones ejecutivas, nivel socioeconómico, preescolar, nivel educativo materno

Sociodemographic Variables that Modulate the Development of Executive Functions

Abstract

From the perspective of the development of executive functions, scientific advances demonstrate that the executive functioning and maturation of minors can be influenced by the environment. For this reason, this review aimed to analyze in depth the influence of sociodemographic factors on the functioning executive for children from 2 to 7 years old. Considering pre-established inclusion criteria, we included 22 original studies, in which the Prism Declaration was applied. The databases reviewed were IBECs, PubMed, Medline, Lilacs and Google Scholar. We found that within the sociodemographic factors, the relationship between the variables maternal educational level and socioeconomic level; both stand out as a determinant in the development and maturation of executive functioning. We conclude that there is a need to deepen studies that assess maternal academic competencies and parenting practices as modulating factors of executive functioning in children from 2 to 7 years of age.

Keywords: executive functions, socioeconomic level, preschool, maternal education

Variables Sociodemográficas que Modulan el Desarrollo de las Funciones Ejecutivas

Esta revisión de la literatura se circunscribe a identificar las variables sociodemográficas que modulan el desarrollo de las funciones ejecutivas (FE) en las y los niños que se encuentran en etapas preescolares, por lo que se procuró analizar el impacto de algunos factores considerados moduladores del funcionamiento ejecutivo. Para el abordaje de los factores moduladores es preciso saber que la conceptualización del término de FE es muy amplia y el constructo constituye un término “paraguas” (Mauricio et al., 2012), el cual ha sido estudiado y definido por numerosos autores (Arán Filippetti, 2011; Garon et al., 2008). Para Miyake et al. (2000) el término de FE contempla tres elementos fundamentales flexibilidad, actualización e inhibición; por su parte, para Diamond y Lee (2011) las FE se encuentran entre los componentes más importantes para que el desarrollo infantil y adolescente sea exitoso, en especial en etapas preescolares.

La evidencia también muestra que diversas tareas consideradas ejecutivas, experimenta mejoras significativas durante el periodo preescolar (Carlson, 2005), considerándose como una etapa enriquecedora para el desarrollo ejecutivo, tales hallazgos son congruentes con la hipótesis de que los años preescolares constituyen uno de los periodos de mayor sensibilidad para el desarrollo del funcionamiento ejecutivo (Stelzer et al., 2012).

Debe señalarse que algunos estudios basados en la evidencia empírica sugieren que algunas alteraciones en el desarrollo de las FE podrían exponer a los menores a situaciones de fracaso (Bull y Scerif, 2001) y dentro de las variables que tienen influencia en el desarrollo ejecutivo se encuentran las variables sociodemográficas (Noble et al., 2007), además, destaca que las variables sociodemográficas, están relacionadas con otras determinantes como nivel socioeconómico, nivel educativo maternos, y subraya que el nivel socioeconómico va más allá de las posibilidades económicas, puesto que en el van inmersos otros factores que pueden intervenir en el funcionamiento ejecutivo de los niños. Tomando en cuenta estos planteamientos, las FE deben ser estimuladas con una mirada de integralidad, como lo menciona Blair y Raver (2015), para ello es necesario identificar las variables que pueden modular dichas funciones, a fin de demostrar empíricamente los efectos negativos que causan en el desempeño ejecutivo de los niños.

Método

Para la búsqueda de literatura sobre factores moduladores de las FE, se tomaron en cuenta diferentes fuentes primarias, considerando las recomendaciones de la Declaración PRISMA (Page et al., 2021), con el fin de garantizar el rigor científico que ésta amerita.

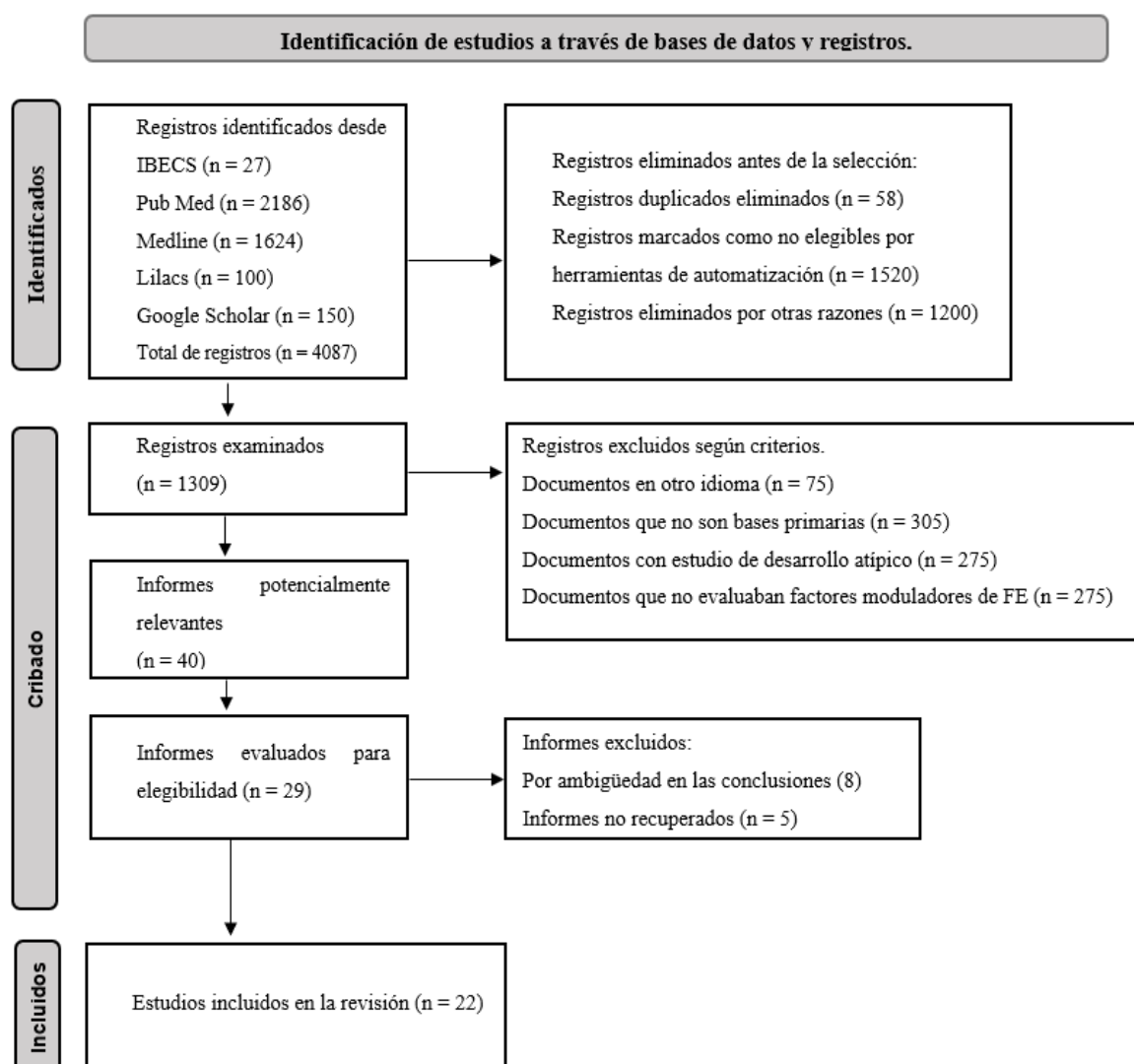
En cuanto a las bases de datos, se tomó en cuenta artículos científicos de Medline, Lilacs, PubMed, IBECs y adicionalmente, se recurrió al buscador de web Google Académico. Para la estrategia de búsqueda en español, se utilizaron los descriptores DeCS “*función ejecutiva*”, “*control ejecutivo*” “*nivel socioeconómico*” y “*preescolar*” “*crianza*” y para la base de datos en inglés se utilizaron los descriptores MeSH “*executive function*” y “*child preschool*”. Para ambas búsquedas DeCS/MeSH, se usaron los booleanos “AND” y “OR”. Ya en la combinación de los booleanos los resultados para *Función ejecutiva and nivel socioeconómico* $n = 1,624$, *control ejecutivo and preescolar* $n = 1,177$ y *executive function and child preschool* $n = 1,286$. En la

presente investigación se analizaron $n = 22$, los cuales constituyeron la muestra del estudio. Para ello se realizó el cribado con Declaración PRIMA, que se presenta en Figura 1.

Los trabajos analizados cumplieron con los siguientes criterios de inclusión: a) artículos publicados en idioma inglés y español, b) artículos sin restricción de fecha, c) documentos de bases primarias, d) se tomaron en cuenta investigaciones empíricas, estudios de casos, investigaciones experimentales e investigaciones cuasi experimentales, e) estudios realizados con niños preescolares con desarrollo típico de dos a siete años de edad, f) artículos que evalúen los factores socioeconómicos que modulan el desarrollo de FE, se excluyeron a) información de libros, capítulos de libros, ponencias, resúmenes, tesis pre grado, post grado y tesis doctoral.

Figura 1

Diagrama de flujo de selección de estudios



Nota. El flujograma representa el proceso realizado para la inclusión de los artículos del estudio.

¿Qué Son las FE?

El desarrollo de las FE durante muchos años ha sido de interés para la comunidad científica, el estudio de los lóbulos frontales y las FE, ha recibido particular atención en el campo de la neuropsicología y la literatura acerca del desarrollo de estos procesos ejecutivos durante la infancia (Gutiérrez y Ostrosky-Solís, 2011). Autores como Ardila y Ostrosky-Solís (2018) afirman que, el desarrollo prefrontal está íntimamente ligado a las FE, debido a que en términos anatómicos la corteza prefrontal ocupa un lugar predilecto para orquestar las FE, esto porque es la región cerebral de integración por excelencia (Munakata et al., 2004), de este modo, para Gutiérrez y Ostrosky-Solís (2011) el estudio del desarrollo de las FE desde edades tempranas, permite comprender las características de este proceso y a su vez facilita la detección y prevención de alteraciones en los diferentes trastornos de neurodesarrollo.

Durante la última década, se han formulado diversas definiciones y modelos teóricos sobre las FE (Barkley et al., 1997). Para muchos autores el constructo “FE” constituye un término “paraguas” (Mauricio et al., 2012), que comprende una amplia gama de procesos cognitivos, comportamientos y competencias (Burgess et al., 2000) que se centran a nivel de desarrollo neurocognitivo. Por su parte, Arán Filippetti (2011) refiere que el término de FE hace referencia a un constructo multidimensional que engloba una serie de procesos cognitivos necesarios para realizar tareas complejas dirigidas hacia un objetivo.

Tomando en cuenta otros constructos, según Miller y Cohen (2001) las FE, también llamadas control ejecutivo o control cognitivo, se refieren a una familia de procesos mentales. Miyake et al. (2000) da su postura, concluyendo en tres FE: (a) cambio entre tareas o conjuntos mentales, (b) actualización y seguimiento de las representaciones de la memoria de trabajo, e (c) inhibición de respuestas dominantes o predominantes. Otros autores conciben a las FE, como la existencia conjunta de un mecanismo de funcionamiento ejecutivo central y componentes de FE parcialmente disociables (Mauricio et al., 2012).

Ante los diferentes constructos de FE para Muchiut (2019) resulta claro que, durante la etapa preescolar, los niños pueden generar procesos madurativos que tienen íntima relación con del sistema nervioso central, lo que permite un pleno desarrollo de habilidades cognitivas básicas.

Sucede pues, que las FE comienzan a desplegarse entre los seis y los 12 meses de edad y siguen un curso de desarrollo posnatal que continúa hasta la adultez (Diamond, 2002). Las FE son desarrolladas de manera sistemática e intervienen en las acciones cotidianas que son ejecutadas por los niños desde etapas iniciales, entendida esta como la primera infancia y que continúan su desarrollo hasta etapas adultas (Gómez Beldarrain y Tirapu Ustárroz, 2012; López et al., 2017). En ese orden de ideas, Bausela (2005) manifiesta que, durante el desarrollo, los niños tienen que asimilar, aprender y desarrollar diversos sistemas de reglas cognitivas y sociales que le permitirán interactuar propositivamente con su medio cuando sea adulto. Durante el crecimiento y la maduración biológica, se desarrollan habilidades cognitivas encaminadas a la planificación, toma de decisiones y otras habilidades que tienen que ser potencializadas y estimuladas en los niños.

Importancia del Desarrollo de FE en Etapas Tempranas

Las FE se consideran como un largo proceso evolutivo que empieza durante el periodo perinatal, sin embargo, empieza a mostrar una pendiente durante la etapa preescolar (Shonkoff

et al., 2011). Estos hallazgos se gestan en primer lugar en la organización anatómica del sistema nervioso central y, posteriormente, se sustentan la corteza prefrontal y la corteza cingulada, lugar donde se realiza un control supramodal sobre las funciones mentales básicas (Gómez Beldarrain y Tirapu Ustároz, 2012).

Se ha propuesto que, si bien las FE empiezan en el periodo perinatal e inician su desarrollo durante los primeros años de vida, estas emergen de manera diferente entre un niño y otro, por lo que, los encuentros con el mundo externo juegan un papel muy fundamental en el desarrollo de cada proceso ejecutivo; ante ello la ventana de los mil días de vida supone un periodo de oportunidades para potencializar los procesos de neurodesarrollo vinculados al funcionamiento ejecutivo. La interacción entre el adulto y el niño es clave para que exista un desarrollo pleno del funcionamiento ejecutivo, sin embargo, algunos estudios revelan que existen factores sociodemográficos que pueden inferir de manera significativa en el desarrollo de las FE de los niños (Tabla 1)

Variables Sociodemográficas que Intervienen en el Desarrollo de las FE

Nivel Educativo de la Madre

Al parecer, un tema de progresiva preocupación en el área de la neuropsicología infantil, es el análisis del papel que desempeña el contexto social y el aprendizaje en el funcionamiento ejecutivo en la niñez (Vargas-Rubilar y Arán-Filippetti, 2014). Un gran cuerpo de investigaciones empíricas ha establecido que el estatus socioeconómico está altamente asociado con el desarrollo cognitivo de los niños (Arán Filippetti y Richaud de Minzi, 2010; Pavlakis et al., 2015). A la luz de estos hallazgos, se plantea que los niños con nivel socioeconómico bajo, muestran un bajo rendimiento en tareas que valoran diferente las FE a diferencia de los niños con nivel socioeconómico medio (Arán Filippetti, 2012), los resultados sugieren que el estatus socioeconómico bajo influye en gran medida en las FE.

La pobreza y la baja educación de los padres están asociadas con niveles de bajo rendimiento escolar y cociente intelectual que afectan en el funcionamiento ejecutivo del infante (Bradley y Corwyn 2002). En el mismo contexto, algunos autores como Gago Galvagno et al. (2019) refieren que los entornos de pobreza impactan significativamente en los niveles educativos y el tipo de educación, en especial en la educación de la madre. Ante este hallazgo es muy relevante el nivel de instrucción de la madre, dado que, ella está presente en el hogar en mayor porcentaje de tiempo que el padre, lo que lleva a que sea la persona más consultada por el niño (Tamayo Lopera et al., 2018). En consecuencia, el nivel educativo materno parece ser uno de los aspectos más críticos (Anderson y Reidy, 2012) que intervienen en el desarrollo de las FE de los niños, lo que implica que, a menor escolaridad materna, menor funcionamiento ejecutivo de sus hijos.

Tabla 1

Tabla general de estudios analizados sobre factores que modulan el desarrollo de las FE

Nº	Referencia	Título	Conclusiones	Participantes	Factores moduladores
1	Anderson y Reidy (2012)	Assessing executive function in preschoolers.	Se realizó una revisión en la que se demostró que la función ejecutiva se puede evaluar en preescolares de 3 a 6 años y que es importante identificar la disfunción ejecutiva lo antes posible para intervenir y minimizar los problemas académicos, emocionales, consecuencias conductuales y sociales.	Revisión de literatura.	Prácticas de crianza.
2	Arán-Filippetti y Richaud de Minzi (2012)	A structural analysis of executive functions and socioeconomic status in school-age children: cognitive factors as effect mediators.	Este estudio determina que el nivel socioeconómico está asociado con el rendimiento de las tareas de las FE de los niños. Los resultados demostraron que los niños de un NSE bajo, presentan un funcionamiento ejecutivo deficiente.	254 niños, entre los 7 y los 12 años.	Nivel Socioeconómico.
3	Bernal-Ruiz et al. (2018)	Competencias parentales que favorecen el desarrollo de funciones ejecutivas en escolares.	Las competencias parentales favorecen el funcionamiento ejecutivo de los niños. La evidencia demuestra que los padres/madres o individuos que tenían más desarrolladas las competencias protectoras, reflexivas y formativas, tenían hijos e hijas con mayor desarrollo de las FE.	18 niños y 13 niñas en etapa escolar.	Prácticas de crianza.

4	Wiebe et al., (2011).	The structure of executive function in 3-year-olds.	Se analizaron de manera paralela niños que diferían en riesgo sociodemográfico. En el cual se encontró que los niños con nivel socioeconómico bajo, tenían niveles más bajos de FE que los otros niños.	228 niños de 3 años	Nivel Socioeconómico.
5	Isquith y Espy (2018).	Executive function in preschool children: Examination through everyday behavior.	Las dimensiones de la función ejecutiva que son consistentes se pueden definir con las calificaciones de los padres y/o cuidadores de los niños en los comportamientos cotidianos.	196 niños entre 2 y 5 años.	Nivel Socioeconómico.
6	Dahlgren, et al. (2017)	Theory of mind and executive functions in young bilingual children.	Existen diferencias estadísticas entre los niños bilingües y los monobilingües en cuanto al desarrollo de las FE.	14 niños de 4 años 4 meses.	Bilingüismo. Estatus socioeconómico.
7	Deater-Deckard et al. (2012)	Socioeconomic risk moderates the link between household chaos and maternal executive function.	La interacción estadística entre el caos y el nivel socioeconómico fue significativa, en relación con las FE de los niños.	153 niños con edades de 2 años 9 meses a 7 años 4 meses.	Nivel Socioeconómico.
8	Yanaoka y Saito, (2021).	Contribution of executive functions to learning sequential actions in young children.	Los hallazgos determinaron que los padres con un nivel socioeconómico medio ayudan a sus hijos en el establecimiento de rutinas, favoreciendo así el desarrollo de las FE.	48 niños de 4 años 7 meses.	Nivel socioeconómico. Nivel educativo materno.

9	Acebo y Poveda (2020)	Aspectos fundamentales de los programas de estimulación temprana y sus efectos en el desarrollo de los niños de 0 a 6 años.	Un ambiente psicosocial carente de estímulos es propio de niños que generalmente tienen menor rendimiento escolares, cuando se comparan con aquellos que viven en ambientes estimulantes.	Revisión de literatura.	Nivel Socioeconómico.
10	Anderson y Reidy (2012)	Assessing executive function in preschoolers.	El andamiaje materno es uno de los aspectos más críticos para el desarrollo de FE.	Revisión de literatura.	Nivel Socioeconómico.
11	Aran Filippetti y Richaud de Minzi (2010)	Efectos de un programa de intervención para aumentar la reflexividad y la planificación en un ámbito escolar de alto riesgo por pobreza.	El nivel socioeconómico bajo, muestran un bajo rendimiento en las FE.	110 niños de 6 años de edad.	Nivel Socioeconómico.
12	Pavakis et al. (2015)	Brain imaging and electrophysiology biomarkers: is there a role in poverty and education outcome research?	Los grupos socioeconómicos más bajos tienen un mayor riesgo de sufrir retrasos en el desarrollo cognitivo que son importantes para el éxito escolar.	Revisión de literatura.	Nivel Socioeconómico.
13	Arán Filippetti, (2012)	Estrato socioeconómico y habilidades cognitivas en niños escolarizados: Variables	A menor nivel educativo de la madre mayor impacto en el desarrollo cognitivo infantil.	228 niños de 8 a 11 años.	Nivel Socioeconómico.

		predictoras y mediadoras.			
14	De Tejada y Otálora, (2006)	Estimulación cognitiva de madres del sector popular.	El nivel educativo de los progenitores, específicamente de la madre, juega un papel fundamental en la promoción del desarrollo cognitivo de los hijos.	60 madres de familia con hijos entre las edades de 6,15 meses y 5 años	Nivel educativo. Nivel socioeconómico.
15	Arcos y Flores (2017)	Efectos de las prácticas de crianza en el desempeño cognitivo en niños de edad preescolar.	Ambientes con un amplio enriquecimiento en estimulación da como resultado un mejor rendimiento cognitivo. Se ha comprobado que en niños criados en ambientes de escasa estimulación, o bien cuando hay abuso o negligencia por parte de los padres suelen reportar alteraciones en FE.	133 niños de 4 y 5 años.	Nivel socioeconómico y patrones de crianza.
16	Bradley y Corwyn (2002)	Socioeconomic status and child development.	La pobreza y la baja educación de los padres están asociadas con niveles más bajos de rendimiento escolar.	Revisión de literatura.	Nivel socioeconómico.
17	Delgado et al. (2020)	primera infancia: estudio relacional de estilos de crianza y las funciones ejecutivas	Las prácticas de crianza influyen en el desarrollo de las FE.	Revisión de literatura.	Estilos de crianza. Nivel socioeconómico.
18	Flinn y England (1997)	Social economics of childhood glucocorticoid stress response and health.	Ambientes llenos de caos pueden aumentar los niveles de cortisol en los niños y alterar el FE.	264 participantes de 2 meses hasta 18 años	Nivel socioeconómico.
19	Gago Galvagno et al. (2019)	Regulation during the second year: Executive function and emotion	La pobreza impacta en el nivel educativo de la madre y en las FE de sus hijos.	60 díadas madre-hijo, en edades de 18 a 24 meses.	Nivel socioeconómico.

		regulation links to joint attention, temperament, and social vulnerability in a Latin American sample.			
20	Mazzoni et al. (2014)	Impacto de la pobreza en el desarrollo cognitivo: Un análisis teórico de dos factores mediadores.	El nivel de escolaridad de las madres está vinculado con la estimulación cognitiva de los menores. Los niños de NSE bajo obtienen un rendimiento menos eficiente que los de NSE medio, mostrando también mayores dificultades para realizar las tareas propuestas.	Revisión de literatura.	Nivel socioeconómico.
21	Rauh et al. (1990)	Determinants of maternal child-rearing attitudes.	Las actitudes maternas tienen influencia en las prácticas de crianza.	139 madres que tenían bebés sanos	Nivel educativo materno. Nivel socioeconómico.
22	Greenwood et al. (2019)	Maternal reading fluency is associated with functional connectivity between the child's future reading network and regions related to executive functions and language processing in preschool-age children.	Es importante la alfabetización en el hogar en especial la materna, ello favorece el funcionamiento ejecutivo de los niños.	13 niños de 3,98 ± 0,34 años	Nivel educativo materno. Nivel socioeconómico

Lo anterior crea un escenario idóneo, que permite identificar que el nivel socioeconómico está relacionado con el nivel de escolaridad de las madres, y esto vincula a los estilos de interacción madre e hijo, que da como resultado una empobrecida estimulación cognitiva de los menores, resultando una variable de suma importancia para explicar el desarrollo cognitivo de los mismos (Mazzoni et al., 2014), lo que implica que al existir menor nivel educativo de la madre, constituye un factor de mediación del impacto de este en el desarrollo cognitivo infantil (Arán Filippetti, 2012; De Tejada y Otálora, 2006). Por lo tanto, la alfabetización en el hogar, en especial la educación de la madre (Greenwood et al., 2019), enriquece ineludiblemente las FE de sus hijos, creando de esta manera un abanico de estímulos desde etapas iniciales.

Estilos de Crianza

Desde el punto de vista funcional, se ha demostrado que ambientes en los cuales se generen estímulos favorables, contribuyen a cambios dinámicos en el cerebro del niño, lo que permite una mayor arborización dendrítica y mayores conexiones neuronales (Restrepo, 2008). Por el contrario, ambientes llenos de caos y con altos niveles de estrés, hacen que el niño pueda experimentar niveles altos de cortisol (Flinn y England, 1997), que afecta el funcionamiento cerebral y cognitivo (Lupien et al., 2001).

Los estilos de crianza, son relevantes para el desarrollo ejecutivo de los niños, debido a que las interacciones establecidas durante los primeros años se encuentran marcados por ellos (Delgado et al., 2020). En ese sentido, las variables ambientales parecen jugar un papel importante, puesto que los menores que provienen de ambientes con vulnerabilidad social suelen tener un desempeño menos maduro en las capacidades de la función ejecutiva (Gago Galvagno et al., 2019), mientras que, niños criados en ambientes con un amplio enriquecimiento en estimulación, presentan mejor desempeño en tareas que evalúan rendimiento cognitivo y muestran menos problemas en el desarrollo de FE (Arcos y Flores, 2017).

En cuanto a la actitud, algunos autores consideran determinantes la crianza positiva encaminada a un cambio de la educación, el cual está sustentado y basado en estrategias positivas, enfocadas en el respeto, dignidad, amor e interés por los niños (Arcos y Flores, 2017), afirmando así la profunda relación de éstas con las FE de los niños (Vargas-Rubilar y Arán-Filippetti, 2014). En consecuencia, es importante saber que existirá un impacto de la estimulación proporcionada por los progenitores sobre el desarrollo cognitivo y afectivo de los niños.

Conclusiones

El propósito de este estudio fue identificar algunos de los factores que pueden modular el desarrollo de las FE en el niño, tomando en cuenta que las FE pueden ser exploradas en diferentes etapas de la vida, en ese sentido, la ventana de los mil días de vida de las y los niños crea una dinámica sustancial para el desarrollo integral de dichas funciones, sin embargo, también la etapa preescolar es un momento óptimo para lograr un desarrollo bajo una mirada integral.

Esta revisión de literatura refleja que el nivel socioeconómico y el estilo de crianza son dos factores moduladores importantes que intervienen en el óptimo desarrollo de las FE. En este orden de ideas, el nivel socioeconómico tiene una estrecha relación con el nivel académico de las madres quienes son las orientadoras, gestoras y cuidadoras principales de los niños. Tomando en cuenta estos planteamientos, al existir menor nivel educativo por parte de la madre, esto constituye un factor de impacto negativo para el desarrollo de las FE de sus

hijos. En cuanto a los estilos de crianza, la investigación demuestra las implicaciones negativas que puede tener ambientes pobres en estímulos, ambientes hostiles y llenos de estrés para el pleno desarrollo de las FE. En este sentido se concluye que, para lograr un buen desarrollo de las FE, es necesario que exista una dinámica que fusione las competencias académicas maternas y los estilos de crianza

Referencias

- Acebo, M. E. C., y Poveda, A. G. C. (2020). Aspectos fundamentales de los programas de estimulación temprana y sus efectos en el desarrollo de los niños de 0 a 6 años. *Recimundo*, 4(1), 499-520. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(1\).enero.2020.499-520](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(1).enero.2020.499-520)
- Anderson, P. y Reidy, N. (2012). Assessing executive function in preschoolers. *Neuropsychology Review*, 22(4), 345-360. <https://doi.org/10.1007/s11065-012-9220-3>
- Arán Filippetti, V. (2011). Funciones ejecutivas en niños escolarizados: Efectos de la edad y del estrato socioeconómico. *Avances en Psicología Latinoamericana*, 29(1), 98-113. <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/apl/article/view/499>
- Arán Filippetti, V. (2012). Estrato socioeconómico y habilidades cognitivas en niños escolarizados: Variables predictoras y mediadoras. *Psykhé (Santiago)*, 21(1), 3-20. <https://doi.org/10.4067/S0718-22282012000100001>
- Arán Filippetti, V., y Richaud de Minzi, M. C. (2010). Efectos de un programa intervención para aumentar la reflexividad y la planificación en un ámbito escolar de alto riesgo por pobreza. *Universitas Psychologica*, 10(2), 341-354. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.upsy10-2.epia>
- Arán-Filippetti, V., y Richaud de Minzi, M.C. (2012). A structural analysis of executive functions and socioeconomic status in school-age children: Cognitive factors as effect mediators. *The Journal of Genetic Psychology*, 173, 393 - 416. <https://doi.org/10.1080/00221325.2011.602374>
- Arcos, M. P. V., y Flores, M. J. R. (2017). Efectos de las prácticas de crianza en el desempeño cognitivo en niños de edad preescolar. *Revista Chilena de Neuropsicología*, 12(1), 12-18. <https://doi.org/10.5839/rcnp.2017.12.01.04>
- Ardila, A., y Ostrosky-Solís, F. (2008). Desarrollo histórico de las funciones ejecutivas. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 1-21. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3987433>
- Bausela, E. (2005). Desarrollo evolutivo de la función ejecutiva. *Revista Galego-Portuguesa de Psicología y Educación*, 10(12), 1138-1663. <http://hdl.handle.net/2183/7018>
- Bernal-Ruiz, F., Rodríguez-Vera, M., González-Campos, J., y Torres-Álvarez, A. (2018). Competencias parentales que favorecen el desarrollo de funciones ejecutivas en escolares. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 16(1), 163-176. <https://doi.org/10.11600/1692715x.16109>
- Bradley, R. H., y Corwyn, R. F. (2002). Socioeconomic status and child development. *Annual Review of Psychology*, 53(1), 371-399. <https://doi.org/10.4324/9781410607027>
- Barkley, R. A., Koplowitz, S., Anderson, T., y McMurray, M. B. (1997). Sense of time in children with ADHD: Effects of duration, distraction, and stimulant medication. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 3(4), 359-369. <https://doi.org/10.1017/S1355617797003597>
- Blair, C., y Raver, C. C. (2015). School readiness and self-regulation: A developmental psychobiological approach. *Annual Review of Psychology*, 66, 711-731. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015221>
- Bull, R., y Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19(3), 273-293. https://doi.org/10.1207/S15326942DN1903_3

- Burgess, P. W., Veitch, E., de Lacy Costello, A., y Shallice, T. (2000). The cognitive and neuroanatomical correlates of multitasking. *Neuropsychologia*, 38(6), 848-863. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(99\)00134-7](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(99)00134-7)
- Carlson, S. (2005). Developmentally sensitive measures of executive function in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 28(2), 595-616. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2802_3
- Dahlgren, S., Almén, H., y Dahlgren Sandberg, A. (2017). Theory of mind and executive functions in young bilingual children. *The Journal of Genetic Psychology*, 178(5), 303-307. <https://doi.org/10.1080/00221325.2017.1361376>
- De Tejada, M. y Otálora, C. (2006). Estimulación cognitiva de madres del sector popular. *Investigación y Postgrado*, 21(2), 43-68. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=65821203>
- Deater-Deckard, K., Chen, N., Wang, Z., y Bell, M. A. (2012). Socioeconomic risk moderates the link between household chaos and maternal executive function. *Journal of Family Psychology*, 26(3), 391-399. <https://doi.org/10.1037/a0028331>
- Delgado, K. N. C., Morillo, A. I. P., Herrera, E. R. Y., y Bedón, A. N. B. (2020). Primera infancia: Estudio relacional de estilos de crianza y las funciones. *Revista Cognosis*, 5(1), 61-78. <https://doi.org/10.33936/cognosis.v5i1.2016>
- Diamond, A. (2002). Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: Cognitive functions, anatomy, and biochemistry. En D. T. Stuss y R. T. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function* (pp. 466-503). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195134971.003.0029>
- Diamond, A., y Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*, 333(6045), 959-964. <https://doi.org/10.1126/science.1204529>
- Flinn, M. V., y England, B. G. (1997). Social economics of childhood glucocorticoid stress response and health. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*, 102(1), 33-53. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-8644\(199701\)102:1<33::AID-AJPA4>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-8644(199701)102:1<33::AID-AJPA4>3.0.CO;2-E)
- Gago Galvagno, L. G., De Grandis, M. C., Clerici, G. D., Mustaca, A. E., Miller, S. E., y Elgier, A. M. (2019). Regulation during the second year: Executive function and emotion regulation links to joint attention, temperament, and social vulnerability in a Latin American sample. *Frontiers in Psychology*, 10, 1473. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01473>
- Garon, N., Bryson, S. E., y Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, 134(1), 31-60. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.134.1.31>
- Gómez Beldarrain, M., y Tirapu Ustárriz, J. (2012). Neuropsicología de la corteza prefrontal y funciones ejecutivas: Una visión panorámica. En J. Tirapu Ustárriz, A. García-Molina, A. García-Molina, M. Rios-Lago, y A. Ardila (Eds.), *Neuropsicología de la corteza prefrontal y las funciones ejecutivas* (pp. 1-18). Viguera Editores.
- Greenwood, P., Hutton, J., Dudley, J., y Horowitz-Kraus, T. (2019). Maternal reading fluency is associated with functional connectivity between the child's future reading network and regions related to executive functions and language processing in preschool-age children. *Brain and Cognition*, 131, 87-93. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2018.11.010>
- Gutiérrez, A. L., y Ostrosky-Solís, F. (2011). Desarrollo de las funciones ejecutivas y de la corteza prefrontal. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 11(1), 159-172. <http://revistaneurociencias.com/index.php/RNNN/article/view/282>

- Isquith, P. K., Gioia, G. A., y Espy, K. A. (2004). Executive function in preschool children: Examination through everyday behavior. *Developmental Neuropsychology*, 26(1), 403–422. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2601_3
- López, M. R., Nieto, A. B., Cabezas, M. F., y Martínez, M. C. P. (2017). Intervención en funciones ejecutivas en educación infantil. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 3(1), 253-261. <https://doi.org/10.17060/ijodaep.2017.n1.v3.994>
- Lupien, S. J., King, S., Meaney, M. J., y McEwen, B. S. (2001). Can poverty get under your skin? Basal cortisol levels and cognitive function in children from low and high socioeconomic status. *Development and Psychopathology*, 13(3), 653-676. <https://doi.org/10.1017/S0954579401003133>
- Mauricio, C., Stelzer, F., Mazzoni, C., y Álvarez, M. Á. (2012). Desarrollo de las FE en niños preescolares. Una revisión de su vínculo con el temperamento y el modo de crianza. *Pensando Psicología*, 8(15). <https://doi.org/10.16925/issn.1900-3099>
- Mazzoni, C. C., Stelzer, F., Cervigni, M. A., y Martino, P. (2014). Impacto de la pobreza en el desarrollo cognitivo: Un análisis teórico de dos factores mediadores. *Liberabit*, 20(1), 93-100. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=68631260008>
- Miller, E. K., y Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24(1), 167-202. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.24.1.167>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., y Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Muchiut, A. F. (2019). Juego y función ejecutiva de planificación en niños de nivel inicial. *Cuadernos de Neuropsicología / Panamerican Journal of Neuropsychology*, 13(2), 163-170. <https://doi.org/10.7714/CNPS/13.2.212>
- Munakata, Y., Casey, B. J., y Diamond, A. (2004). Developmental cognitive neuroscience: Progress and potential. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(3), 122-128. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.01.005>
- Noble, K. G., McCandliss, B. D., y Farah, M. J. (2007). Socioeconomic gradients predict individual differences in neurocognitive abilities. *Developmental Science*, 10(4), 464-480. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00600.x>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseerf, L., Tetzlaff, J. M., Aklh, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalm, M. M., Lin, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A.,...Moher, D. (2021). Declaración PRISMA 2020: Una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. (Trad. Yepes-Núñez, J. J., Urrútia, G., Romero-García, M., y Alonso-Fernández, S.). *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790-799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- Pavakis, A. E., Noble, K., Pavakis, S. G., Ali, N., y Frank, Y. (2015). Brain imaging and electrophysiology biomarkers: Is there a role in poverty and education outcome research?. *Pediatric Neurology*, 52(4), 383-388. <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2014.11.005>
- Rauh, V. A., Wasserman, G. A., y Brunelli, S. A. (1990). Determinants of maternal child-rearing attitudes. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 29(3), 375-381. <https://doi.org/10.1097/00004583-199005000-00007>

- Restrepo, F. J. L. (2008). Funciones ejecutivas: Aspectos clínicos. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 59-76. <http://revistaneurociencias.com/index.php/RNNN/article/view/222>
- Shonkoff, J. P. (2011). Protecting brains, not simply stimulating minds. *Science*, 333(6045), 982-983. <https://doi.org/10.1126/science.1206014>
- Stelzer, F., Cervigni, M., y Martino, P. (2012). Impacto de las prácticas de crianza sobre el desarrollo de las FE durante la infancia. Una revisión de la literatura. *Revista Mexicana de Investigación en Psicología*, 4(1), 24-36. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/38260>
- Tamayo Lopera, D. A., Merchán Morales, V., Hernández Calle, J. A., Ramírez Brand, S. M., y Gallo Restrepo, N. E. (2018). Nivel de desarrollo de las funciones ejecutivas en estudiantes adolescentes de los colegios públicos de Envigado-Colombia. *CES Psicología*, 11(2), 21-36. <https://doi.org/10.21615/cesp.11.2.3>
- Vargas-Rubilar, J., y Arán-Filippetti, V. (2014). Importancia de la parentalidad para el desarrollo cognitivo infantil: Una revisión teórica. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 12(1), 171-186. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77330034010>
- Wiebe, S. A., Sheffield, T., Nelson, J. M., Clark, C. A., Chevalier, N., y Espy, K. A. (2011). The structure of executive function in 3-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108(3), 436-452. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.08.008>
- Yanaoka, K., y Saito, S. (2021). Contribution of executive functions to learning sequential actions in young children. *Child Development*, 92(4), e581-e598. <https://doi.org/10.1111/cdev.13489>



Atención y Asignación del Valor Incentivo a los Estímulos Sexualmente Relevantes

Marisela Hernández González¹ y Miguel Ángel Guevara Pérez^{1,2}

¹Laboratorio de Neurofisiología de la Conducta Reproductiva. Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México

²Grupo de Bioseñales y Colaborador del Laboratorio de Neurofisiología de la Conducta Reproductiva. Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México

Nota de Autor

Marisela Hernández González  <https://orcid.org/0000-0002-2356-9561>

Miguel Ángel Guevara Pérez  <https://orcid.org/0000-0001-6828-6170>

Agradecimientos al Programa de Fortalecimiento a la Investigación de la Universidad de Guadalajara por su apoyo en varios de los resultados que se mencionan en este trabajo fueron. Agradecemos la colaboración de la Dra. Claudia del Carmen Amezcua Gutiérrez y de los distintos alumnos de Licenciatura, Maestría y Doctorado del Laboratorio de Neurofisiología de la Conducta Reproductiva que colaboraron en los diferentes experimentos.

Correspondencia relacionada a este artículo deberá dirigirse a Marisela Hernández González. Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Francisco de Quevedo #180, Col. Arcos Vallarta, CP 44130. Guadalajara, Jalisco, México. Teléfono: (+52) 33 37771150, ext. 33360. Correo electrónico: marisela.hgonzalez@academicos.udg.mx

Resumen

La atracción sexual resulta de procesos de atención y asignación del valor incentivo a los estímulos con significado sexual. La atención es una función cognitiva que permite enfocar de forma activa o pasiva, voluntaria o involuntaria, el interés de la persona hacia un estímulo, el cual debe ser detectado y procesado para asignarle un valor incentivo. Para cada individuo y en una situación ambiental particular, los estímulos tienen un valor incentivo específico. Un incentivo es “aquello que mueve o incita a desear o a hacer algo”. Los incentivos positivos son aquellos que inducen el acercamiento de un individuo ya que, al obtenerlos, interaccionar con ellos o consumirlos, generan un estado afectivo placentero. Los estímulos de relevancia sexual son, en la mayoría de los casos, incentivos positivos que inducen la cercanía de una potencial pareja. No obstante, dependiendo del contexto ambiental, social o cultural, es probable que tales estímulos induzcan también conductas de evitación o rechazo, lo cual resultará de procesos de control inhibitorio. La asignación del valor incentivo de los estímulos requiere del funcionamiento de distintas áreas subcorticales y corticales implicadas en los procesos de atención, motivación, recompensa e inhibición. En esta revisión se abordan los distintos procesos cognitivos y motivacionales implicados en la atracción sexual, así como las bases neurales de la atención y asignación del valor incentivo sexual; se mencionan algunos trabajos que han mostrado cuáles son los estímulos incentivos de relevancia sexual y los cambios cerebrales asociados, tanto en ratas como en humanos.

Palabras clave: atención, valor incentivo, atracción sexual, deseo, motivación sexual, estímulos sexuales

Attention and Assigning of Incentive Value to Sexually Relevant Stimuli

Abstract

Sexual attraction results from processes of attention and assigning of incentive value to stimuli that have sexual meaning. Attention is a cognitive function that allows individuals to focus – actively or passively, voluntarily or involuntarily– on a stimulus that must be detected and then processed in order to assign it an incentive value. Stimuli have a specific incentive value for each individual and under specific environmental conditions. An incentive is defined as “that which moves or incites one to desire or do something”. Positive incentives are those that induce an individual to approach since obtaining, interacting with, or consuming them, generates a pleasant affective state. In most cases, sexually-relevant stimuli are positive incentives that induce individuals to approach a potential sexual partner. In certain environmental, social, or cultural contexts, however, these stimuli may also induce avoidance or rejection behaviors that reveal the effects of processes of inhibitory control. Assigning incentive value to stimuli requires the functioning of various cortical and subcortical areas that participate in the processes of attention, motivation, reward, and inhibition. In this review, we address the different cognitive and motivational processes involved in sexual attraction, and the neural bases of attention and the assigning of sexual incentive value. Some of the studies cited identify the key sexually-relevant incentive stimuli and the brain changes associated with them, in both rats and humans.

Keywords: attention, incentive value, sexual attraction, desire, sexual motivation, sexual stimuli

Atención y Asignación del Valor Incentivo a los Estímulos Sexualmente Relevantes

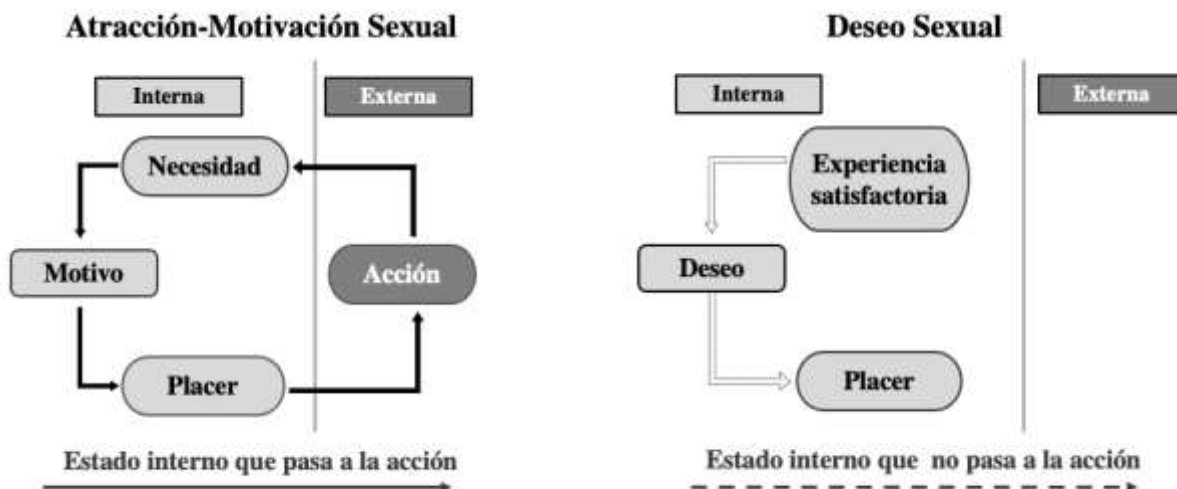
La interacción social de los individuos como resultado de los procesos de afiliación ha permitido la sobrevivencia de la especie y del propio individuo. La atracción sexual es un tipo de interacción social que resulta del impulso de tener relaciones sexuales con una potencial pareja. Tal impulso de tener relaciones sexuales o motivación sexual resulta de diversos procesos cognitivos, como la detección y atención a estímulos con significado sexual, así como de la adecuada asignación del valor incentivo de los mismos. La corteza prefrontal, al constituir el área cortical de mayor procesamiento de las funciones cognitivas, se encarga de regular y planear las conductas basadas en motivaciones, siendo estas últimas coordinadas por el sistema dopaminérgico mesocorticolímbico que está constituido por la inervación dopaminérgica desde el área tegmental ventral hacia estructuras como la amígdala, el septum, el núcleo accumbens y la corteza frontal. Si bien una gran cantidad de estudios en animales (sobre todo en ratas) han permitido conocer cuáles son los estímulos que inducen mayor atracción sexual y las bases neurales de la misma, a la fecha se cuenta también con diversas investigaciones electroencefalográficas y de imagenología en humanos, las cuales reportan una sustancial diferencia en los tipos de estímulos para cada especie, pero no así en los sustratos neurales implicados. Por tanto, a continuación, se revisan de forma breve los procesos cognitivos de atención y asignación del valor incentivo y los sustratos neurales implicados en la inducción de la atracción y motivación sexual; asimismo, se describen los estímulos de mayor relevancia sexual y los cambios cerebrales a nivel funcional que provocan, y que han sido reportados, tanto en ratas como en humanos.

La Atracción Sexual

La afiliación es una necesidad de ciertos organismos para garantizar la supervivencia de la especie y del propio individuo. Esta acción de adherirse o sumarse a una asociación o agrupación está relacionada con la atracción. El diccionario de la Real Academia de la Lengua Española define atracción como "acción de atraer", "fuerza o capacidad para atraer", "persona o cosa que produce atracción". Si bien la necesidad de afiliación es la que lleva a establecer relaciones entre los organismos, el deseo sexual (originado del impulso de tener relaciones sexuales), es el que resulta de los procesos de atracción sexual. En repetidas ocasiones la atracción sexual es confundida con el deseo e incluso, ha sido considerado como un sinónimo. Sin embargo, hay una gran diferencia entre ambos conceptos; el deseo, definido como "la excitación relativa al placer del acto sexual", apela a las ganas de tener relaciones sexuales sin llegar a la acción o ejecución sexual (Ågmo et al., 2004; González-Pimentel y Hernández-González, 2002), mientras que la atracción sexual es algo que llama la atención por una o varias personas, ya sea por cuestiones físicas o de personalidad y en relación estrecha con la orientación sexual del individuo. La atracción puede ser a las cualidades físicas, a los rasgos de una persona o a ciertas cualidades según sea el contexto, por tanto, el atractivo sexual de una persona o cualquier individuo, es en mayor grado, una medida subjetiva de la percepción, es decir, de la detección y procesamiento de los estímulos con significado sexual (Ågmo y Snoeren, 2017) que, si es calificado de forma positiva, inducirá la motivación sexual, las conductas de aproximación y, si las circunstancias se prestan, a la ejecución de la conducta sexual (ver Figura 1).

Figura 1

Esquema representativo de los procesos que se propone acontecen en la atracción-motivación sexual y el estado de deseo sexual



La atracción sexual depende en gran medida de la “relevancia” o “saliencia” de los estímulos con significado sexual. La **saliencia** del estímulo es “la destacabilidad del mismo”, es decir, la capacidad que posee para “llamar la atención” de un sujeto. Haciendo una mención más neurofisiológica, se considera que la saliencia es “la capacidad de relacionar las funciones cerebrales de integración que permite hacer una selección entre los diferentes estímulos que se reciben para centrar la atención en la información que más interesa y dejar los demás estímulos amortiguados o anulados” (Berridge, 2012).

Para que un individuo logre determinar tal relevancia o saliencia de un estímulo, es necesario un adecuado procesamiento (a nivel cerebral) de los estímulos incentivos sexuales procedentes de la potencial pareja sexual, requiriendo para ello de un importante proceso cognitivo, la atención.

Atención

La atención es definida como la focalización selectiva hacia un determinado estímulo, filtrando, desechando e inhibiendo la información no deseada (Gazzaniga et al., 1998). Según William James (James, 1890) la atención es un proceso cognitivo a través del cual “la mente toma posesión, de forma vivida y clara, de uno de los diversos objetos o trenes de pensamiento que aparecen simultáneamente. La focalización y concentración de la conciencia son su esencia, e implica la retirada del pensamiento de varias cosas para tratar efectivamente otras”. Para hablar más a detalle de la atención, es primero necesario entender qué es un estímulo. Un estímulo es definido como “un agente físico, químico, mecánico, etc., que desencadena una reacción funcional en un organismo” (Kandel et al., 2021).

Al ser catalogada la atención como un proceso cognitivo, es efectivamente en el cerebro donde reside el sustrato neurofisiológico responsable de la misma y, por ende, es en los

mamíferos donde se han realizado la mayoría de estudios concernientes a este aspecto. Con base en las demandas ambientales y necesidades evolutivas, los mamíferos han presentado una gran variabilidad en el desarrollo y agudeza de los receptores sensoriales, de ahí que, por ejemplo, para los roedores sea el olfato el sentido más relevante para su sobrevivencia, mientras que, para los humanos, lo sea la vista.

Saliencia Incentiva

Un estímulo en un ambiente y momento determinado puede ser de gran impacto y relevancia para un organismo, en tanto que en otro momento o para otro organismo, ese mismo estímulo, con las mismas características físicas, es totalmente irrelevante. Pareciera que es precisamente la información relacionada al estímulo (su contexto, las asociaciones y recuerdos relacionados al mismo) lo que marca la diferencia. Es entonces cuando podemos hablar de la *saliencia incentiva*, la cual es considerada por Berridge (2012) como un proceso cognitivo que confiere un atributo de “deseo” o “querer” (wanting), e incluye un estímulo recompensante y por ende un componente motivacional. El “deseo o querer” de la *saliencia incentiva* difiere del “gusto o agrado” (liking), ya que este último se refiere al placer que se obtiene inmediatamente de la adquisición o consumo de un estímulo gratificante o recompensante (Berridge, 2012; Berridge y Kringelbach, 2015), transformándolo de una mera experiencia sensorial en algo que llama la atención, induce el acercamiento y su búsqueda.

Para cada individuo y en una situación ambiental particular, los estímulos tienen un *valor incentivo específico*, así, los *estímulos con valor de incentivo positivo* son aquellos que inducen conductas de acercamiento ya que al obtenerlos, interaccionar con ellos o consumirlos, inducen un estado afectivo placentero; los *estímulos con valor de incentivo negativo* son los que inducen conductas de retiro o evitación, en virtud de que al interaccionar con ellos, obtenerlos o consumirlos, inducen un estado afectivo displacentero, en tanto que los *estímulos con valor neutro* no ejercen ningún efecto sobre la conducta del organismo. Así, los *estímulos con valencia incentiva positiva* tienen tres propiedades esenciales: (1) son atrayentes o atractivos, ya que provocan conductas de aproximación hacia ellos; (2) son deseados, y por tanto los organismos trabajarán (gastarán energía) para obtenerlos y (3) pueden estimular la ejecución de conductas instrumentales para obtener la recompensa asociada. Siendo la **recompensa** la propiedad atractiva y motivacional de un estímulo que induce conductas apetitivas -también definidas como conductas de aproximación- y consumatorias (Schultz, 2015).

Saliencia Motivacional

Un concepto relacionado a la *saliencia incentiva* es la denominada “*saliencia motivacional*”, la cual es un proceso cognitivo y una forma de atención que motiva o impulsa el comportamiento de un individuo para acercarse o alejarse de un objeto particular, evento percibido o resultado. Este proceso cognitivo regula la intensidad de los comportamientos que facilitan el logro de una meta, la cantidad de tiempo y energía que un individuo está dispuesto a gastar para alcanzar una meta, y la cantidad de riesgo que un individuo está dispuesto a aceptar mientras trabaja para lograr un objetivo particular (Puglisi-Allegra y Ventura, 2012). Así, la *saliencia motivacional* se compone de dos procesos que son definidos por sus efectos atractivos o aversivos sobre la conducta de un individuo relativa a un estímulo particular: *saliencia incentiva* y *saliencia aversiva* (Puglisi-Allegra y Ventura, 2012). La *saliencia incentiva* es la forma atractiva

de la saliencia motivacional que causa conducta de aproximación y se asocia con reforzamiento operante, resultados deseables y estímulos placenteros (Schultz, 2006; 2015). La saliencia aversiva es la forma aversiva o de rechazo de la saliencia motivacional que causa conductas de evitación y es asociada con castigo operante, resultados indeseables y estímulos displacenteros.

Detección y Percepción de los Estímulos

La perspectiva del cognitivismo plantea que un estímulo es "información que entra al cerebro del organismo mediante los receptores sensoriales, considerando que, entre el estímulo y la respuesta del organismo, se encuentra un proceso mental" (García Visbal, 2012), por tanto, en este punto, trataremos de explicar a qué se refiere tal "proceso mental". Como bien menciona Gazzaniga (1998) en su libro *Cuestiones de la Mente* "todas las funciones psicológicas emergen del procesamiento cerebral. Sin la actividad cerebral específica no hay memoria, no hay emociones, no hay mente". A la fecha, existe una extensa cantidad de estudios donde se describen cuáles son las estructuras cerebrales implicadas en la detección y procesamiento de los estímulos, así como los mecanismos neuroquímicos y hormonales implicados en la funcionalidad de tales estructuras cerebrales para que se lleve a cabo la adecuada asignación del valor incentivo de los estímulos sensoriales; sin embargo, antes de hacer una revisión de las estructuras y sistemas cerebrales implicados en el procesamiento de los estímulos con relevancia sexual, daremos una breve explicación de los procesos neurofisiológicos que anteceden a la asignación del valor incentivo de tales estímulos.

La fisiología sensorial se ocupa de estudiar los mecanismos por los cuales los organismos "detectan" los diferentes estímulos externos e internos. Tal detección es llevada a cabo a través de los receptores sensoriales, que son las puertas de entrada de la información contenida en cada tipo de estímulo (tacto, sonido, luz, dolor, sabor, etc.). Tales receptores sensoriales son terminales nerviosas cuya función primordial es fungir como estructuras de transducción, que permiten la conversión de la energía de los estímulos (luminosa, química, mecánica, etc.) en señales nerviosas que llevan codificada la información y las características propias de cada estímulo (Kandel et al., 2021). La especificidad de los receptores sensoriales a un estímulo particular es determinada por las características neuroanatómicas del receptor, de manera que el "estímulo apropiado" para un receptor es el que presenta el umbral más bajo con capacidad excitatoria y, por ende, a este estímulo se le denomina como "adecuado o específico" (implica la mínima intensidad necesaria para que pueda ser detectado) (Kandel et al., 2021; Sampieri-Cabrera y Melchor, 2022).

Tales receptores localizados en diferentes partes del cuerpo, posterior a la detección de un estímulo particular y transducción de este en señales neurales (potenciales de acción), éstas viajarán a través y a lo largo de una vía constituida por una serie de neuronas y relevos sinápticos para llegar a estructuras subcorticales y áreas corticales específicas. Tal proceso que ocurre posterior a la transducción del estímulo hasta llegar a estructuras cerebrales superiores es denominado "percepción", en el cual, la información sensorial se integra con información previamente adquirida, por lo que se añaden elementos subjetivos que pueden matizar la sensación (la cual es definida como "aquella impresión que percibe un ser vivo cuando uno de sus órganos receptores es estimulado") (Kandel et al., 2021). Es aquí que cabe hacer una distinción entre los términos sensación y percepción. Mientras el primero se refiere a la activación de los receptores sensoriales y su procesamiento a nivel del sistema nervioso al codificar los

impulsos nerviosos procedentes de los órganos sensoriales, el segundo se refiere a un proceso psicológico de integración en la que a nivel cerebral se interpretan las sensaciones que se reciben a través de los sentidos para formar una impresión inconsciente o consciente de la realidad física de su entorno (Leonardo-Oviedo, 2004).

La percepción también es definida como un proceso cognitivo a través del cual los organismos son capaces de comprender su entorno y actuar en consecuencia a los impulsos que reciben; es decir, es un proceso de integración o procesamiento neural para organizar los estímulos internos y externos, "darles un sentido" y asignarles un valor incentivo. Tratando de explicar más este punto, podemos decir que la percepción implica la integración de las características físicas del estímulo (color, tamaño, despliegue conductual) con los aspectos externos (como el ambiente o la ubicación espacial) (Ojeda et al., 2002). El aprendizaje perceptivo, definido como la adquisición de conocimiento acerca de las características generales y detalles más finos de los estímulos, induce un cambio en la forma en que dichos estímulos son percibidos, permitiendo la identificación de estos. El aprendizaje perceptivo tiene lugar durante la experiencia que ha tenido un individuo con cierto estímulo, lo que permite identificar ese estímulo en particular de entre otros diversos estímulos (Fuster, 2017; Rodríguez y Alonso, 2006).

La "Asignación del Valor Incentivo"

Bajo estas definiciones, es que el término "asignación del valor incentivo" que hemos venido utilizando a lo largo de nuestro texto, puede ser explicado. Es comprensible que cuando un individuo es expuesto a un determinado estímulo por primera vez, la información de tal estímulo es totalmente novedosa. La detección de ese estímulo (por ejemplo, olfatorio) será asociado a las características del objeto u organismo que lo emite, de manera que, en una segunda exposición, el individuo asociará ese olor con el organismo u objeto emisor. Para que ocurra esa asociación estímulo-organismo emisor, necesariamente tuvo que ocurrir un procesamiento de la información olfatoria de manera que esta información olfatoria fue integrada con información visual, auditiva, táctil e inclusive del entorno ambiental formando en el sujeto una representación mental con características propias, que probablemente le permitieron al organismo "asignar un valor" de incentivo positivo, de incentivo negativo o de incentivo neutro. En el caso de la conducta sexual, si en la primera interacción con una rata hembra receptiva, la rata macho logra copular hasta la eyaculación, la detección y percepción del estímulo olfatorio se asociará con el estado placentero posteyaculatorio, convirtiendo por ende, a este estímulo olfatorio, en un *incentivo sexual* positivo o atrayente sexual que inducirá, en ocasiones posteriores a la primera interacción, una más rápida y focalizada conducta de atención, sobreactivación e hiperactividad en sus intentos para lograr iniciar y mantener la cópula con la hembra.

La Motivación Sexual

Habiendo ya planteado tales definiciones y haber entendido los conceptos, es ahora importante hablar de la **motivación sexual**. Según Ágmo (1999) la motivación sexual es el conjunto de procesos que hacen que un organismo busque contacto sexual con otro organismo de la misma especie y generalmente del sexo opuesto; es un término que se refiere al ímpetu que surge de la estimulación interna y/o externa para buscar o crear la ocasión de establecer la

interacción sexual y es medida por la disposición de los organismos para trabajar (gastar energía) y tener acceso a la potencial pareja sexual. Tal conducta de aproximación o acercamiento se presenta en respuesta a la detección de estímulos incentivos positivos con significado sexual, es decir, *incentivos o atrayentes sexuales* (Le Moëne y Ågmo, 2018). En humanos, las razones que le impulsan a hacer esa búsqueda y esforzarse por lograr esa meta pueden ser diversas (reproducirse, placer, hasta la obtención de algún beneficio), sin embargo, en otros mamíferos no humanos, como los roedores, está bien demostrado que la principal motivación es la búsqueda de placer.

Para que los sujetos se vean motivados a buscar la interacción sexual con una potencial pareja sexual, se requiere de dos aspectos importantes: 1) que el sujeto presente un medio neural y hormonal adecuado y 2) que se lleve a cabo un adecuado procesamiento de los estímulos incentivos procedentes de la potencial pareja sexual (Hernández-González y Guevera, 2009; Hernández-González et al., 2008). Si las dos condiciones se cumplen, entonces es posible que en los sujetos se genere un “estado motivado” que los inducirá a realizar una serie de actos para lograr la interacción sexual. Como resultado de lo anterior, si el sujeto logra hacer contacto físico con la pareja sexual, entonces será posible que empiece a realizar una serie de actos propios de la interacción sexual (caricias, besos, estimulación corporal y genital, etc.) que redundarán en un estado de excitación o “arousal sexual” asociado al proceso de erección peneana en el hombre y lubricación vaginal en la mujer.

Si bien a través de los años, el término arousal o excitación sexual ha sido utilizado indistintamente como sinónimo de motivación sexual, éstos son términos semi-independientes que pueden ocurrir en algunos momentos de forma independiente y en otros de forma simultánea. El término arousal fue primeramente propuesto por Moruzzi y Magoun (1949) para describir un estado neurofisiológico central donde la sobreexcitación de las neuronas de la formación reticular del tallo cerebral se asociaba con un estado de alerta y sobreactivación conductual. Pfaff y Ågmo (2002) proponen el término excitación o arousal puramente a nivel conductual y describen que un animal o ser humano está excitado cuando está: más alerta a todos los tipos de estímulos sensoriales, más activo conductualmente y más reactivo emocionalmente. Bajo esta concepción, entonces, el arousal sexual no es más que un tipo específico de arousal en el que el sujeto está más alerta a los estímulos con significado sexual, presenta más despliegues motores y conductuales (para lograr la interacción sexual), y está más reactivo a las emociones (sexualmente hedónicas y/o afectivas). Sin embargo, desde un punto de vista más neurofisiológico, esta concepción de arousal o excitación sexual ha sido cada vez más objetiva y es por ello por lo que varios científicos han restringido tal término a la respuesta objetiva de la erección peneana en el sexo masculino y a la lubricación vaginal en el sexo femenino (Sachs, 2000, 2007), lo cual está muy lejos de la concepción que se le ha dado durante mucho tiempo, relacionándolo sobre todo con procesos psicológicos motivo-emocionales

Sustratos Neurales de la Atención, Asignación del Valor Incentivo y Motivación Sexual

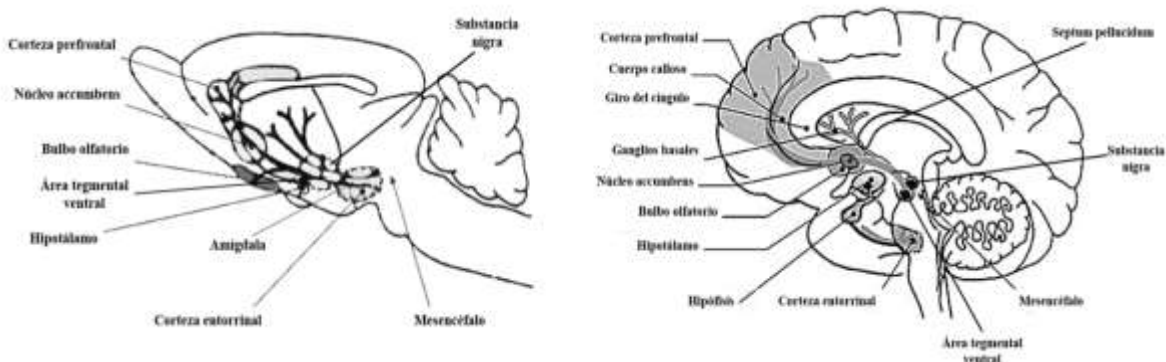
Como fue mencionado en secciones previas, los incentivos o atrayentes sexuales son estímulos que desencadenan respuestas asociadas a cambios a nivel del funcionamiento de diversos órganos (genitales), sistemas (respiratorio, cardiovascular, dérmico, hormonal) y estructuras cerebrales (excitación neuronal, niveles de neurotransmisores), así como cambios a

nivel cognitivo (atención, inhibición, planeación, etc.) y emocional (placer, agrado) (Mas, 1999; Schimmack y Derryberry, 2005).

Gracias a numerosos estudios de investigación básica en modelos animales y usando varias técnicas invasivas de lesión o estimulación eléctrica o química, manipulaciones farmacológicas, técnicas de marcaje neuronal e inclusive de imagenología, es que se han logrado conocer las bases neurales de la motivación y arousal sexual. Como se describió previamente, ambos procesos representan una experiencia multidimensional disparada por estímulos exógenos y/o endógenos en los cuales diversas áreas del cerebro juegan un papel crítico en la asignación del valor incentivo y la atención, así como en la inhibición o facilitación de la acción subsecuente. Así, se ha demostrado que el área preóptica medial (APOm) y el núcleo ventromedial del hipotálamo tienen un papel esencial en la inducción no sólo de las conductas de aproximación a la potencial pareja sino también de la ejecución copulatoria tanto en machos como en hembras (Antonio-Cabrera y Paredes, 2014; Meisel y Sachs, 1994; Paredes, 2003; Pfaff y Ágmo, 2002, 2010; Pfau, 2009) Evidencias adicionales reportan la participación de diversas estructuras que forman parte del denominado sistema recompensante y en específico, del **sistema dopaminérgico mesocorticolímbico** (SDMC), constituido por la innervación dopaminérgica que va desde el área tegmental ventral (ATV), hasta diversas estructuras límbicas como el bulbo olfatorio, la amígdala (Amy), el septum, el núcleo de la base de la stria terminalis, y el núcleo accumbens (NAcc), entre otros (Figura 2) (para una revisión ver Berridge y Kringelbach, 2015; Hernández-González y Guevara, 2009; Hull y Domínguez, 2007; 2015; Le Moëne y Agmo, 2018).

Figura 2

Representación del sistema dopaminérgico mesocorticolímbico en la rata (izquierda) y en el humano (derecha)



Nota. Nótese en tono gris la proyección dopaminérgica desde el área tegmental ventral a las diferentes estructuras límbicas y a la corteza prefrontal.

En este punto es importante recordar que la detección y procesamiento de los estímulos incentivos sexuales requiere de diferentes procesos cognitivos, incluyendo además de la atención, procesos de memoria, modulación afectiva, detección de prominencia e inhibición, entre otros (León-Carrión et al., 2007a; Rolls, 2000, 2004). Para que ocurran los procesos cognitivos mencionados, no basta con la participación de las estructuras subcorticales

mencionadas, sino que se requiere de la participación de las áreas corticales secundarias. Este aspecto fue indicado desde el estudio pionero de Beach (Beach, 1940), en el que mostró que si bien lesiones pequeñas que abarcaban máximo un 19% de la corteza no afectaron la interacción sexual de ratas macho, lesiones que incluyeron una mayor superficie cortical, afectaron sobre todo la temporalidad y organización secuencial de la cópula, obteniendo alteraciones más severas después de lesiones bilaterales, concluyendo que las lesiones corticales reducen la responsividad de la rata macho a los estímulos sexuales y por tanto la capacidad de alcanzar un nivel de motivación sexual, sin afectar los patrones copulatorios propiamente dichos (Beach, 1940). Posterior a ese estudio, y después de un largo periodo en el que se hizo caso omiso del papel de la corteza en la conducta sexual de la rata, fue que se retomaron nuevos trabajos para reconocer que la manifestación de la conducta sexual requiere por igual de procesos motivacionales y cognitivos. Así, en un interesante trabajo realizado por Ågmo et al. (1995) evaluaron el papel de la corteza prefrontal (CPF) en la conducta sexual. Mediante una técnica de termocoagulación, extrajeron el área cingulada o corteza prefrontal medial en ratas macho y encontraron que, una semana después de tal lesión específica, las ratas macho presentaron latencias de monta e intromisión extremadamente largas (de hasta más de 60 min), aunque sus parámetros copulatorios (número de montas e intromisiones, así como la tasa de intromisión) no fueron afectados, indicando el importante papel de la corteza prefrontal en el inicio de la interacción copulatoria, la cual, sugirieron, participa en el adecuado procesamiento y asignación del valor incentivo de los estímulos emitidos por la pareja sexual (la hembra receptiva).

Otra estructura de gran relevancia para la atracción sexual es el núcleo accumbens (NAcc), cuya lesión en ratas incrementa la latencia y disminuye la frecuencia de conductas de aproximación y toques de nariz que ratas macho ejecutan para tratar de tener contacto con una hembra receptiva que les es inaccesible por estar separados por una pared de acrílico transparente con orificios (en una caja de motivación incentivada) (Liu et al., 1997). Asimismo, en ratas, la participación del bulbo olfatorio (Cain y Paxinos, 1974; Edwards et al., 1990) y de la amígdala basolateral (Hernández-González et al., 2014) en el procesamiento y asignación del valor incentivo de los estímulos con significado sexual ha sido mostrada con estudios de lesión.

Respecto a los humanos, primero es importante considerar la gran dificultad que ha implicado medir la atracción-motivación sexual en vista de que, si consideramos de manera estricta la definición de motivación como "aquello que impulsa a los individuos a buscar y acercarse a una meta", la gran variabilidad de factores ambientales, sociales y culturales entre individuos ha obstaculizado tal estudio, es por ello que para medir la motivación sexual humana, en la mayoría de trabajos se ha optado por medir la excitación sexual como un índice indirecto de motivación sexual. Si tomamos en cuenta la propuesta de Ågmo y Laan (2022), donde se indica que "la motivación sexual efectiva es siempre una combinación de excitación sexual y excitación general", entonces tal medición de excitación sexual es fundamentada.

Los primeros conocimientos de las estructuras implicadas en la conducta sexual de humanos datan del estudio pionero de Klüver y Bucy (1939), quienes al lesionar de manera bilateral los lóbulos temporales (incluyendo parte de la amígdala), observaron un evidente cuadro de hipersexualidad indiscriminada en monos. Sin embargo, a la fecha, usando diferentes modalidades de estímulos con significado sexual (principalmente visuales), se ha mostrado que la activación o arousal sexual (autoreportada o medida de forma objetiva con aparatos que miden la circunferencia o nivel de flujo sanguíneo peneano y/o la lubricación vaginal) se asocia con la

funcionalidad o activación de regiones cerebrales tanto subcorticales (ínsula, claustrum, cuerpo estriado, tálamo, amígdala, hipotálamo) (Arnou et al., 2002; Bocher et al., 2001; Redouté et al., 2000; Stoléru et al., 1999; 2012), como corticales (cortezas occipital, temporal, parietal and frontal, incluyendo las regiones orbitofrontal y del cíngulo anterior) (Bocher et al., 2001; León-Carrión et al., 2007a, 2007b).

La participación de las estructuras cerebrales mencionadas resulta de la interacción de diferentes hormonas y neurotransmisores que actúan sobre receptores neuronales específicos aumentando, de esta manera, la sensibilidad a los estímulos de relevancia incentiva, lo cual da una clara evidencia de que para que un organismo detecte y procese un estímulo como sexualmente relevante, es necesario que presente un medio fisiológico interno particular (esto es, adecuados niveles de hormonas y neurotransmisores)¹.

El concepto de hormona, a la fecha es entendido como una sustancia que es secretada en estructuras especializadas llamadas glándulas, y que luego de ser excretada se incorpora de inmediato al torrente sanguíneo para ejercer su efecto en órganos blanco que pueden estar localizados cerca, o a grandes distancias de su sitio de origen. En tanto que el concepto de neurotransmisor es entendido como aquella sustancia que es sintetizada en una neurona y que luego de ser liberada de la neurona presináptica, se une a receptores específicos localizados en la membrana de la neurona postsináptica, ejerciendo sobre esta última efectos excitatorios, inhibitorios o moduladores. En la inducción y mantenimiento de la motivación sexual participan de manera orquestada, con una exquisita fineza y regulación secuencial y temporal, tanto las hormonas como los neurotransmisores, es así que a nivel cerebral es en donde ocurre la interacción neuro-hormonal adecuada para que se activen las estructuras del SDMC y se genere y mantenga la motivación sexual, generalmente en respuesta a la detección y procesamiento de los estímulos con significado sexual.

Es en este contexto, que los andrógenos y estrógenos juegan un papel fundamental, así como los sistemas dopaminérgico y serotoninérgico parecen tener un papel crucial en diversos aspectos de la respuesta sexual, aunque otros sistemas de neurotransmisión pueden también contribuir, tales como los sistemas adrenérgico, colinérgico y opioideérgico, entre otros¹.

Estímulos de Saliencia Incentiva en la Conducta Sexual

El interés y activación generado en los individuos por la detección de los estímulos sexualmente relevantes o atrayentes sexuales, como incentivos positivos, inducirán en ellos la conducta de aproximación, o motivación sexual incentiva (Le Moëne y Ågmo, 2018). Es en base a lo anterior que Ågmo ha sugerido que "la intensidad de las conductas de aproximación sexual son un exquisito indicador de la intensidad de la motivación sexual" (Ågmo, 2014; Ågmo et al., 2004).

La manifestación de la búsqueda como resultado de la atracción sexual generada por la detección de estímulos sexualmente relevantes entre mamíferos no humanos, en mucho, se reduce a la evaluación de las conductas de acercamiento o bien, a las conductas de riesgo y gasto de energía excesiva que el individuo es capaz de realizar con el único fin de lograr la interacción sexual con otro individuo, generalmente de la misma especie y del sexo opuesto. En

¹ Una descripción detallada de la regulación hormonal y neuroquímica implicada en la motivación y ejecución sexual está más allá del objetivo de este capítulo. A los interesados en estos tópicos se recomiendan las siguientes revisiones: Calabrò et al., 2019; Hull y Domínguez, 2015; Le Moëne y Ågmo, 2017).

cambio, en los seres humanos, los estímulos que activan el impulso o motivación sexual son infinitos y la respuesta sexual no es puramente fisiológica. La respuesta sexual humana involucra en la mayoría de las veces un contenido erótico-emocional que se manifiesta como resultado de una fantasía, de algo que se ve (imagen), se escucha (palabras) o que se siente agradable en la piel (caricias) (González-Pimentel y Hernández-González, 2002).

Aunque de manera experimental los incentivos sexuales pueden presentarse de forma aislada, tanto en animales como en humanos, comúnmente éstos se presentan de manera conjunta. Efectivamente, cuando una rata macho está frente a una hembra receptiva, los estímulos atrayentes que le llamarán la atención son los despliegues conductuales (visión), los olores (olfación) y las vocalizaciones emitidas por ella (audición), y solamente si se logra el contacto corporal, la puede sentir (tacto) e incluso probar el sabor de sus genitales (gusto). Además, señales o estímulos neutros de cualquier modalidad sensorial pueden convertirse en incentivos sexuales si fueron previamente asociados con alguna actividad de recompensa sexual y por tanto inducir conductas de aproximación (Le Moëne y Ågmo, 2018).

Numerosos trabajos se han realizado con el fin de determinar cuáles son los estímulos de mayor relevancia sexual y por ende, los más efectivos para inducir la atracción sexual. Así, en los siguientes apartados presentamos una revisión de lo que actualmente se conoce acerca de este tema.

Se ha descrito que la manifestación de la conducta sexual es multisensorial, y que, dependiendo de la especie, la eficiencia de los estímulos para inducir relevancia atencional y por ende motivación sexual en un individuo es diferente. Por ejemplo, en la rata, que es un organismo que podría decirse es 100% olfato, obviamente el estímulo sensorial más eficaz para inducir la motivación sexual y por ende la aproximación a la potencial pareja es este tipo de estímulo, seguido por la información visual y la información auditiva representada principalmente por las vocalizaciones ultrasónicas (inaudibles para el humano, >20 kHz) que el macho emite en presencia de hembras receptivas (Barfield y Thomas, 1986; Brudzynski, 2005; McIntosh y Barfield, 1980), aunque de esta última modalidad se ha reportado que tiene un papel casi irrelevante como incentivo sexual (Snoeren y Ågmo, 2013, 2014a, b).

En Roedores

La Modalidad Olfatoria.

Ratas macho anósmicas por lesión del bulbo olfatorio presentan una menor motivación y ejecución sexual (Heimer y Larsson, 1967; Kippin et al., 2003), al igual que los hámsteres macho (Murphy y Schneider, 1970); similares resultados han sido obtenidos después de la destrucción del epitelio olfatorio principal con sulfato de zinc en ratones hembra en los que disminuyó no solo el índice de receptividad (respuesta de lordosis), sino también las conductas de aproximación e investigación olfatoria de la orina de ratones macho intactos o castrados, confirmando que tal estructura está involucrada en la detección y procesamiento de los olores que permiten localizar e identificar el sexo y estado endocrino de conoespecíficos (Keller, Douhard et al., 2006; Keller, Pierman et al., 2006). Estudios diversos demuestran que la principal afección posterior a la lesión del bulbo olfatorio es el mucho menor número de sujetos que copulan hasta alcanzar la eyaculación, ya sea por su incapacidad para iniciar la interacción copulatoria (Edwards et al., 1990; Larsson, 1975) o para mantenerla hasta eyacular (Meisel et al., 1980). En algunos sujetos tal lesión olfatoria ejerce efectos menores, como un aumento en la latencia para alcanzar la

intromisión (Cain y Paxinos, 1974), y no mostrar preferencia por hembras en estro respecto a hembras en diestro, indicando con ello, una posible reducción del arousal o excitación sexual (Edwards et al., 1990). La relevancia de la información olfatoria en la regulación de la conducta sexual ha sido mostrada más recientemente con técnicas más avanzadas indicando que en ratas hembra que controlan la temporalidad de la interacción copulatoria (paced-mating), ocurre neurogénesis del epitelio granular del bulbo olfatorio accesorio a diferencia de ratas hembra que no se les permitió regular la cópula (Corona et al., 2011), corroborando que esta estructura participa en la detección de olores no volátiles tales como las señales quimiosensoriales sexualmente relevantes emitidas por ratas macho. En efecto, usando la técnica de inmunoreactividad-Fos (Fos-IR) como índice de activación neuronal, se demostró que aun cuando ratas macho copuladoras, no copuladoras y ratas macho sin experiencia sexual presentaron un incremento de tal índice en las células mitrales del bulbo olfatorio accesorio después de que fueron expuestos a olfatear aserrín sucio de ratas en estro, únicamente los machos copuladores presentaron un mayor Fos-IR en todas las estructuras de la vía de proyección vomeronasal. Considerando que los machos no copuladores muestran una similar preferencia por acercarse y permanecer cerca de una hembra en estro o una rata macho, los autores propusieron que la ausencia de interacción copulatoria en tales sujetos resulta de la menor motivación sexual como consecuencia de una alteración en la actividad neuronal de la vía vomeronasal, incidiendo en un inadecuado procesamiento de los olores de hembras en estro (Portillo y Paredes, 2004). Los estudios anteriores ponen de manifiesto la importancia de la información olfatoria como estímulo sexual incentivo para inducir los estados de motivación y activación sexual en roedores.

La Modalidad Auditiva.

A la fecha, existe una gran cantidad de información en la literatura científica acerca de las múltiples versiones de vocalizaciones que los roedores emiten en el contexto social, las cuales van desde el rango audible hasta el no audible para el humano. En la rata se han descrito tres tipos de vocalizaciones ultrasónicas (superior a 20 KHz) y un tipo de vocalización sónica, audible al humano, inferior a los 20 KHz (Blanchard et al., 1986, 1991; Brudzynski, 2005; Brudzynski et al., 1993). Existe también una amplia descripción respecto a las edades y situaciones en las cuales son emitidas tales vocalizaciones, por ejemplo, las ratas crías, emiten vocalizaciones de alrededor de los 40 kHz al estar separadas de la madre (Brudzynski et al., 1999). En el caso de las ratas adultas, se han reportado dos tipos distintos: uno de 50 kHz y otro de 22 kHz. El primero se ha registrado durante interacciones sociales con específicas no agresivas, tales como el juego (Blanchard et al., 1993; Knutson et al., 1998), en tanto que el de 22 kHz es emitido durante conductas de defensa o sumisión (Lore et al., 1976; Portavella et al., 1993; Thomas et al., 1983), ante la presencia de un depredador (Blanchard et al., 1991), en situaciones de angustia física o incluso con el solo contacto de la mano del experimentador (Brudzynski y Ociepa, 1992). Ambos tipos de vocalizaciones ultrasónicas han sido registradas tanto durante la eyaculación (Barfield y Geyer 1972; Barfield y Thomas, 1986), como durante el periodo posteyaculatorio del macho (McIntosh y Barfield, 1980). Sin embargo, a pesar de la relevancia que la información auditiva tiene para la interacción social y reconocimiento de especie de los roedores (Barfield y Geyer, 1972; Portfors, 2007), se tiene poco conocimiento acerca de su función comunicativa en el contexto de la conducta sexual. Si bien algunos estudios han sugerido que las vocalizaciones

ultrasónicas participan en la modulación de la interacción copulatoria (Barfield y Thomas, 1986), son ya varios reportes los que muestran el casi irrelevante papel de tales vocalizaciones como incentivo sexual para inducir las conductas de aproximación a una potencial pareja sexual. En efecto, en una serie de exquisitos trabajos realizados por el grupo de Ågmo y colaboradores (Le Moëne y Ågmo, 2018), usando el paradigma de motivación sexual incentiva así como un ambiente seminatural, con una diversidad de manipulaciones experimentales (como exposición de ratas macho con y sin experiencia sexual a grabaciones de vocalizaciones ultrasónicas emitidas por hembras antes de la cópula o usando hembras desvocalizadas) (Snoeren y Ågmo, 2013), así como exposición de ratas hembra a grabaciones de vocalizaciones ultrasónicas emitidas por machos antes de la cópula, o usando machos desvocalizados (Soeren y Ågmo, 2014a,b) se obtuvo clara evidencia de la muy poca o prácticamente nula eficiencia de las vocalizaciones ultrasónicas como estímulos incentivos sexuales. Si bien se ha reportado en varios trabajos que las vocalizaciones ultrasónicas tienen muy poco valor incentivo para inducir conductas de aproximación en ratas macho, a la fecha sólo existe un estudio en donde se reporta que las vocalizaciones de la rata macho audibles al ser humano (<20 kHz) afectan el funcionamiento cerebral de ratas hembra en proestro-estro pero no de aquellas que están en diestro (Hernández-González et al., 2013). Si esta diferente funcionalidad cerebral pudiera ser un índice de la adecuada asignación del valor incentivo de las vocalizaciones audibles emitidas por el macho y por ende de la inducción de motivación sexual en las ratas en proestro-estro, queda por ser determinado.

La Modalidad Visual.

Respecto a otras modalidades sensoriales implicadas en la identificación de una potencial pareja sexual y la conducta de aproximación, tales como la visión, a la fecha se conocen muy pocos estudios, y los que hay, indican su contribución en otras especies como las aves, en que el macho despliega toda una serie de actos motores de cortejo y, además, presentan un claro dimorfismo sexual en los colores de su plumaje que permiten una adecuada discriminación visual (Johnson et al., 2000). Tales fenómenos de discriminación visual también han sido descritos en otras especies como los monos (Bielert y Van der Walt, 1982; Fujita, 1993; Gesquiere et al., 2007), así como en humanos (Golde et al., 2000; Julien y Over, 1988). Sin embargo, a pesar de que esos hallazgos pudieran considerarse como indicadores de que la visión juega un papel importante para la identificación del sexo de una potencial pareja, estos no demuestran que tales estímulos visuales sean suficientes para inducir las conductas de aproximación o motivación sexual en ratas, ya que en dos trabajos de hace varios años, se mostró que las ratas macho son capaces de aproximarse a hembras receptivas aún en completa ausencia de luz (Hetta y Meyerson, 1978; Meyerson y Lindström, 1973), indicando la no relevancia de la información visual para inducir la motivación sexual en roedores.

Con el objeto de determinar el papel de las diferentes modalidades sensoriales en el despliegue de las conductas de aproximación de una rata macho hacia una rata hembra, Ågmo y Snoeren, en un excelente trabajo reportado en 2017, mostraron que, una combinación de al menos dos modalidades sensoriales (siendo una de ellas el olfato), es necesaria para inducir las conductas de aproximación y preferencia por la pareja sexual (una hembra receptiva). Esta misma propuesta, en el sentido de que la combinación de diferentes modalidades sensoriales es

más eficaz para inducir las conductas de aproximación a una pareja (motivación sexual), es también aplicable a otros mamíferos incluyendo los seres humanos.

En Humanos

En uno de los pocos trabajos donde se evaluó el valor sexual incentivo de distintas modalidades sensoriales en hombres y mujeres, Herz y Cahill (1997) reportaron que, para los hombres, la información visual y olfatoria son igualmente importantes para ser atraídos y seleccionar una pareja, mientras que para las mujeres el estímulo más importante fue el olfato, seguido de la vista y el sonido de la voz. En este mismo trabajo reportan interesantes resultados respecto a cómo el valor incentivo de los estímulos es diferente en el contexto de la conducta sexual; los hombres mencionaron que ya durante la interacción copulatoria, para ellos los estímulos más incentivos fueron la vista y el tacto, seguido de los sonidos sexuales y las representaciones mentales o fantasías sexuales (imaginación), pasando a segundo término el olfato; en tanto que para las mujeres el estímulo más relevante fue el tacto seguido por la vista, los sonidos sexuales, los olores no corporales (perfumes) y las fantasías de personas o escenarios sexuales. Los olores corporales fueron calificados como los menos sexualmente incentivos respecto a todas las demás modalidades sensoriales y, por lo tanto, como los más eficaces para afectar negativamente el deseo o interés sexual de las mujeres, demostrando que el interés sexual femenino es más afectado por el olor corporal que cualquier otro estímulo sensorial durante la interacción sexual, sin embargo, cuando no están en el contexto copulatorio, tanto los hombres como las mujeres reportaron que los estímulos visuales y las fantasías fueron los más incentivos para inducir en ellos interés o atracción a la pareja sexual. Existen interesantes trabajos que han mostrado, incluso, que las fantasías o representaciones mentales de estimulación sexual son tan eficientes para inducir motivación y excitación sexual, que, en mujeres, inducen la ocurrencia de orgasmos conductuales (Loewenstein, 1978; Whipple et al., 1992) y cambios en los niveles de hormonas, similares a los ocasionados por orgasmos resultantes de coito o masturbación (Exton et al., 1999, 2001; Whipple et al., 1992).

Estos resultados muestran que además de los estímulos externos (principalmente visión, y en menor grado el olfato y la audición), el humano recurre a fantasías sexuales y coinciden con la propuesta de Birnbaum et al. (2019), enfatizando que las fantasías juegan un importante papel para la inducción de la excitación y deseo sexual tanto en hombres como en mujeres, propiciando las conductas de aproximación y, por ende, si las circunstancias son propicias, la interacción sexual.

Algunos otros trabajos también han demostrado la relevancia de los estímulos visuales y auditivos para inducir motivación o excitación sexual (sexual arousal) sin tener contacto directo con la potencial pareja, indicando que la exposición a tales estímulos, ya sea solos o en forma simultánea, son suficientes para provocar respuestas genitales tanto en hombres como en mujeres (Gaither y Plaud, 1997; McConaghy, 1974), aunque no se puede decir lo mismo de los olores, los cuales, ya sea corporales o esencias perfumadas, carecen de tal eficacia como incentivo sexual, a excepción de que éstos sean asociados a algún otro factor de relevancia sexual, como ha sido mostrado tanto en ratas (Kippin et al., 2003; Kvitvik et al., 2010) como en humanos (Hoffmann, 2017). En efecto, estudios de condicionamiento sexual a olores neutros tanto en humanos (Hirsch y Gruss 1999; Hirsch et al., 1998), como en ratas macho (Kippin et al., 2003; Kvitvik et al., 2010), después de las sesiones de condicionamiento, son capaces de inducir

motivación sexual e inclusive, respuestas genitales. A pesar de lo anteriormente descrito, resulta interesante mencionar también dos controversiales trabajos realizados por Hirsch y Gruss, 1999; Hirsch et al., 1998), quienes evaluaron la eficacia de 30 olores diferentes para inducir activación sexual, representada por un incremento del flujo sanguíneo peneano (medido con un pletismógrafo) en hombres cuya edad varió desde los 18 hasta los 60 años, y por el flujo sanguíneo vaginal en mujeres de 31.8 años promedio. ¡Los resultados mostraron que fueron principalmente los olores combinados a comida los que indujeron la mayor respuesta penenana!, por ejemplo, lavanda con olor a pastel de calabaza indujo una respuesta peneana de un 40%, regaliz negro con olor a donas, aumentó el flujo sanguíneo peneano en un 31,5 %, siendo el arándano el menos estimulante, aumentando el flujo sanguíneo del pene sólo en un 2 %. En el caso de las mujeres, se obtuvieron resultados similares, tal que la combinación de olores a dulce y pepino (13 %) así como de calabaza y lavanda (11 %) fueron los que provocaron la mayor respuesta vaginal. Dada la dificultad de interpretar estos resultados, la discusión se limitó a proponer que los olores usados en el experimento, y sobre todo las combinaciones de ellos, podrían haber inducido una respuesta condicionada pavloviana, de manera que tales aromas probablemente les recordaron a sus parejas sexuales o a sus comidas favoritas. Ya que a los participantes no se les preguntó si habían tenido tal recuerdo o asociación, estos resultados deben considerarse con cierta reserva. Por otro lado, si bien de manera experimental no se ha demostrado un papel importante del olfato para inducir conductas de aproximación a una potencial pareja en humanos, Sergeant et al. (2005), publicaron un estudio realizado en una muestra de 151 hombres y 289 mujeres, quienes por autoreporte, indicaron que el olfato es una de las modalidades sensoriales más importantes para la selección de una potencial pareja sexual (Sergeant et al., 2005, 2007).

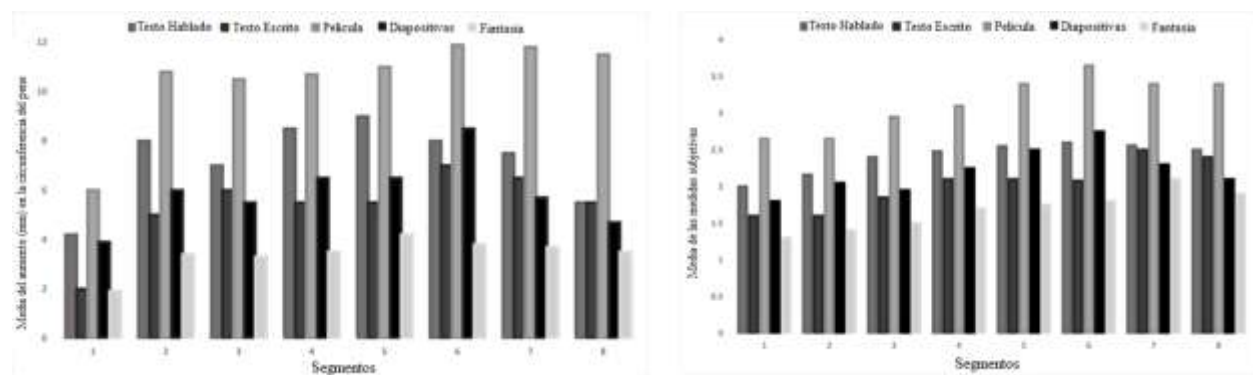
Es debido a resultados como los anteriormente descritos que, a la fecha, la gran mayoría de trabajos experimentales en los que se pretende inducir un estado de activación sexual tanto en hombres como en mujeres, se usan estímulos visuales con contenido erótico o sexual, en una gran diversidad de modalidades, por ejemplo, videos con y sin sonido, imágenes fijas o diapositivas, así como fotografías, todos ellos ya sea en blanco y negro o a color (Abel y Blanchard, 1976; Detenber et al., 1998; High et al., 1979). Al revisar la literatura, es evidente el amplio uso de material visual al que se ha recurrido en la investigación para inducir, de forma experimental, estados de activación sexual en humanos, resaltando sobre todo el empleo de películas y videos desde los años 70's (Abel, Barlow et al., 1975; Abel y Blanchard, 1976; Abel, Blanchard et al., 1975; Freund et al., 1974; Kolářský y Madlafousek, 1972; McConaghy, 1974) hasta las fechas más actuales (Amezcu-Gutiérrez et al., 2017; 2021; Extón et al., 2000; Hernández-González et al., 2013; León-Carrión et al., 2006, 2007a,b; Redouté et al., 2005; Stolerú et al., 2012).

Otras modalidades de estimulación erótica o con contenido sexual incluyen la audición o lectura de textos eróticos. En el trabajo reportado por Julien y Over (1988), se reporta un interesante trabajo donde evaluaron, en hombres jóvenes, la eficacia de 5 diferentes modalidades de estimulación erótica las cuales describían la misma secuencia de interacción sexual en forma de películas y diapositivas a color, texto hablado (narraciones), texto escrito y fantasía. Los resultados mostraron que la observación de la película fue la que indujo mayores niveles de activación fisiológica (mediante el registro de tumescencia peneana) y subjetiva (indicando el nivel de activación que experimentaron en una línea continua, cuyos extremos

marcaban desde "no sexualmente excitante" a "excesivamente excitante), en tanto que las fantasías fueron las menos eficaces para inducir tal activación. Las modalidades en diapositivas, así como de texto hablado y escrito sólo indujeron niveles intermedios de ambos tipos de activación (Figura 3).

Figura 3

Comparación de la eficacia de 5 modalidades de estimulación erótica (películas y diapositivas a color, texto hablado, texto escrito y fantasía) para inducir arousal o activación sexual fisiológica y subjetiva en hombres jóvenes.



Nota. A la izquierda) aparecen las medias de la tumescencia peneana (en mm) y a la derecha, las medias del reporte subjetivo

El nivel de activación sexual inducido en mujeres por la lectura de un texto erótico también ha sido evaluado de manera subjetiva mediante una escala tipo Likert, constituida por una serie de 5 dibujos de rostros sonrientes en diferentes intensidades. En este estudio (Guevara et al., 2018), se les explicó a las mujeres que la intensidad de la sonrisa representaba el nivel de lubricación vaginal que experimentaron durante la lectura de un texto erótico, donde 1 equivalía a no lubricación y 9 a mayor lubricación. Las mujeres adultas reportaron una valencia agradable y un moderado nivel de excitación sexual a comparación de la lectura de un texto neutro.

Independientemente de las manipulaciones y circunstancias utilizadas en los distintos experimentos, lo que sí queda claro es que la estimulación visual en los humanos, a diferencia de lo que ocurre en los roedores, es totalmente eficiente para inducir activación sexual asociada a respuestas genitales de erección y lubricación vaginal y, por tanto, si se dan las circunstancias, a conductas de aproximación a la potencial pareja sexual.

Estudios Asociados a la Activación Sexual en Ratas

Estudios de Actividad Electroencefalográfica

Uno de los primeros estudios donde evaluaron la actividad EEG de la corteza parietal y del hipocampo fue el efectuado por Kurtz y Adler (1973), donde reportaron la prevalencia de frecuencias lentas en el rango de theta (de 4 a 7 Hz) durante el periodo refractario posteyaculatorio, asociado al estado placentero. Este mismo patrón EEG también ha sido reportado en otros diversos trabajos durante las conductas de aproximación de ratas macho hacia hembras receptivas en un laberinto T, lo cual se asoció con ritmos EEG del rango de theta

en la corteza prefrontal y con una mayor motivación sexual (ya que los machos presentaron menores latencias y tiempo para llegar a la caja meta donde se encontraba la hembra receptiva) (Hernández-González et al., 2007). La actividad EEG de otras estructuras cerebrales que forman parte del SDMC como la amígdala, el núcleo accumbens (NAcc) y el área tegmental ventral (ATV) (Cortes et al., 2019; Guevara et al., 2008) además de otras regiones corticales como la corteza parietal, también ha sido registrada durante la motivación sexual incentiva de ratas macho. En tales trabajos se ha encontrado de forma consistente una prevalencia de frecuencias lentas en el rango de theta durante los estados sexualmente motivados. Ejemplo de ello es el trabajo de Hernández-González et al., (2022) que mostró una mayor potencia absoluta de los 7 a 12 Hz en áreas parietales de ambos hemisferios mientras el macho permanecía cerca de una hembra receptiva. Además de lo anterior, es interesante que en relación con el estado sexualmente motivado de ratas macho se ha encontrado un diferente grado de acoplamiento electroencefalográfico o correlación EEG entre las distintas estructuras del SDMC (Domínguez-Estrada, 2019; Guevara et al., 2008; Hernández-Arteaga et al., 2020) así como en ratas hembra (Hernández-González et al., 2009, 2016).

Estudios de Imagenología

Usando la técnica de RMf en ratas macho adultas a las cuales se les indujo disfunción eréctil no orgánica posterior a estrés crónico, Chen et al. (2018) encontraron que algunas regiones cerebrales que controlan el arousal sexual o erección peneana fueron anormalmente activadas o inhibidas; estructuras como la amígdala, el tálamo dorsal, el hipotálamo, el caudado putamen y áreas corticales como la ínsula, cíngulo, y prefrontal. La actividad aberrante durante el estado de reposo que se midió con RMf en la corteza insular y cingulada de ratas con disfunción eréctil no orgánica es similar a la reportada por Cera, Delli Pizzi et al. (2012), Cera, Di Pierro et al. (2012) y, Zhao et al. (2015), quienes también reportaron en humanos una aberrante funcionalidad de la "red cerebral de saliencia" sugiriendo un decremento del arousal sexual. Los cambios de actividad funcional en las áreas insulares y cinguladas de la rata indican un mecanismo central similar a aquel de pacientes humanos con disfunción eréctil. También usando la RMf incrementada por manganeso Aguilar-Moreno et al. (2022) reportaron en ratas hembra la activación de diferentes regiones cerebrales después de la conducta sexual, incluyendo el bulbo olfatorio, el núcleo de la base de la stria terminalis, la amígdala, el área preóptica medial, el núcleo accumbens, el estriado y el hipocampo. Tales estructuras constituyen a dos circuitos neurales; el circuito de recompensa mesolímbico y el circuito socio-sexual; el primero constituido por el ATV que inerva regiones límbicas como el núcleo accumbens, y el segundo por regiones como el bulbo olfatorio, la amígdala, el núcleo de la base de la stria terminalis y el área preóptica medial junto con el hipotálamo ventromedial (O'Connell y Hofmann, 2011, 2012). Resultados similares fueron reportados específicamente en la vía olfatoria por Pautler y Koretsky (2002).

Otro interesante estudio más reciente del mismo grupo de trabajo Gaytán-Tocavén et al., (2023) reportó también mediante RMf-manganeso que tanto la motivación sexual incentiva como la preferencia de pareja en ratas macho se asoció con una evidente activación de los dos circuitos neurales antes mencionados. En ese trabajo, al igual que el previo, muestran que la experiencia sexual juega un papel importante ya que conforme se va adquiriendo más experiencia, diferentes estructuras cerebrales son activadas. Al ir adquiriendo experiencia sexual se observó una mayor activación del bulbo olfatorio en el grupo de motivación sexual incentiva, en tanto que en el grupo

de preferencia de pareja esta mayor activación se encontró en la corteza y estructuras subcorticales, indicando que aún con experiencia sexual la activación del circuito de recompensa requiere la activación del circuito socio-sexual.

Estudios Asociados a la Activación Sexual en Humanos

Si bien una gran cantidad de información acerca de las estructuras neurales implicadas en la inducción y mantenimiento de la motivación sexual se ha obtenido usando modelos animales, en el caso de los humanos, tal estudio se ha visto restringido por las obvias limitaciones éticas que deben predominar en este tipo de investigaciones y por ello, sólo se tienen estudios utilizando técnicas no invasivas, como las técnicas de imagenología y las de registro de actividad electroencefalográfica, así como evaluaciones indirectas de las que se intuye la participación de estructuras y áreas corticales cerebrales, tales como las tareas de Wisconsin, Torres de Hanoi, Torres de Londres, Cubos de Corsi, entre otras. Algunas de estas tareas han sido utilizadas para determinar qué tanto la activación sexual inducida por la observación de estímulos con contenido sexual afecta procesos cognitivos como la memoria y la toma de decisiones (Ruiz-Díaz et al., 2012).

Muchos años han pasado desde los estudios iniciales en los que se comparó la eficacia de diferentes modalidades de estimulación sexual y su asociación a las respuestas subjetivas y genitales manifestadas en humanos. En los años 70's, por ejemplo, High et al. (1979) evaluaron la eficacia de observar videos con contenido sexual en color o en blanco y negro para inducir un estado de activación sexual utilizando como parámetro los cambios de la circunferencia peneana con un transductor de caucho y mercurio. Participaron 8 sujetos jóvenes que durante 13 minutos observaron los videos (en color o en blanco y negro) de forma contrabalanceada para evitar la habituación. El video presentaba a una pareja heterosexual en interacción de sexo explícito y encontraron que independientemente a las propiedades cromáticas del estímulo, todos los sujetos presentaron el mismo grado de erección peneana, sin encontrarse diferencias en la intensidad o patrón de respuesta peneana durante la presentación de ambos videos. Estos resultados demostraron que las propiedades cromáticas del estímulo visual no afectan la intensidad de la activación sexual generada en los hombres jóvenes.

En los últimos años, para el estudio de las áreas cerebrales implicadas en la inducción y mantenimiento de la motivación sexual, la estimulación visual sigue siendo la más ampliamente usada a nivel experimental; y considerando que tal tipo de estimulación lleva implícito un componente hedónico y recompensante (Gola et al., 2016), ahora se aplican metodologías ya más sofisticadas con el fin de relacionar la activación sexual inducida visualmente. con el funcionamiento cerebral y con el reporte subjetivo de placer experimentado por los participantes, pasando desde las técnicas electroencefalográficas hasta las avanzadas técnicas de imagenología (para una revisión, ver Gola et al., 2016; como ejemplos ver también Amezcua-Gutiérrez et al., 2017; Hernández-González et al., 2013; Ruiz-Díaz et al., 2012; Stolerú et al., 1999, 2012).

La descripción detallada de los diferentes estudios en los que utilizan los estímulos visuales como inductores de activación sexual en humanos está más allá de los límites de este texto, sin embargo, mencionaremos algunos de los trabajos donde se reporta la asociación entre la activación sexual inducida por observar estímulos con contenido sexual y la actividad cerebral.

Estudios de Actividad Electroencefalográfica

Con el fin de evaluar la respuesta electroencefalográfica durante la activación sexual en hombres con y sin disfunción sexual, Cohen et al. (1985) utilizaron videos eróticos (interacción sexual explícita) y videos neutros (interacción social) en dos modalidades: visual (videos de parejas heterosexuales en interacción sexual explícita) y auditiva (grabaciones narrativas de interacción sexual) los cuales fueron presentados a los participantes de forma contrabalanceada y simultáneamente realizaron el registro de EEG y tumescencia peneana (midiendo los cambios de la circunferencia peneana). Se confirmó que los estímulos sexuales en modalidad visual son los que indujeron una mayor tumescencia peneana en los hombres sin disfunción sexual, la cual se asoció a una mayor activación (mayor potencia EEG) del hemisferio derecho, en tanto que los participantes con disfunción sexual mostraron una menor tumescencia peneana ante la observación de los videos eróticos y una mayor activación del hemisferio izquierdo ante los estímulos eróticos auditivos, indicando la existencia de diferentes mecanismos de lateralidad cerebral en la inducción y mantenimiento de la activación sexual en hombres sanos y con disfunción sexual.

En otro trabajo realizado por Dimpfel et al. (2003), también usando estímulos visuales (de comedia, animales, escenas eróticas y escenas sexuales), evaluaron si existían diferencias en la actividad EEG cortical entre hombres y mujeres al observar los diferentes estímulos. Encontraron que las mujeres presentaron un decremento de la potencia de las frecuencias rápidas (bandas alfa y beta) en las cortezas temporales, así como una mayor potencia de frecuencias lentas (delta y theta) en áreas frontales durante la observación de los videos eróticos y sexuales. Considerando que el decremento de alfa es un índice de atención (Andreassi, 2000) y que el aumento de las frecuencias lentas en áreas frontales se asocia al procesamiento cognitivo-emocional de los estímulos con relevancia sexual así como a estados placenteros (Sammler et al., 2007) o estados emocionales positivos (Aftanas y Golocheikine, 2001), los autores sugirieron que este patrón EEG es asociado a la mayor atención y agrado que los participantes experimentaron al ver esos estímulos con contenido sexual

En un trabajo reportado en el 2013 por Hernández-González et al., se investigó si la activación sexual subjetiva inducida por observar fotografías a color con contenido sexual afectaba el grado de acoplamiento electroencefalográfico entre áreas corticales. Las fotografías con contenido sexual mostraban desde mujeres en ropa interior hasta parejas en acto sexual explícito, mientras que las de contenido neutro mostraban personas totalmente vestidas y parejas platicando o caminando. Mientras observaban las fotografías, se registró la actividad electroencefalográfica en áreas prefrontales, parietales y temporales durante 5 minutos y al finalizar el registro EEG, los participantes contestaron dos escalas: la de activación sexual [escala tipo lickert que representaba las imágenes de penes que progresivamente pasaban de flacidez total (0) a erección evidente (10)] ya usada en otros estudios (Ruíz Díaz et al., 2012), y la escala de autoevaluación de Manikin (Bradley y Lang, 1994), logrando con ello obtener una medida subjetiva del grado de activación sexual, así como del estado de placer y activación general que les indujo la observación de las fotografías. Todos los participantes calificaron las fotografías con contenido sexual como agradables y activadoras, y reportaron un nivel moderado de activación sexual. Respecto a la actividad cerebral, se encontró que sólo durante la observación de fotografías con contenido sexual el grado de acoplamiento o sincronización EEG entre las áreas prefronto-parietales (del hemisferio derecho) y prefronto-temporales (del hemisferio izquierdo)

disminuyó, respecto a durante la observación del video neutro, mostrando que durante el estado de activación sexual las áreas corticales prefrontales y posteriores funcionan de forma independiente, lo cual probablemente, favorece el estado de arousal sexual. Dada la supresión o menor influencia de la corteza prefrontal (cognitiva y fría) sobre el funcionamiento de las áreas temporales y parietales (más emocional), sería más factible la inducción y mantenimiento del estado de activación sexual.

Estudios de Imagenología

Mediante la técnica de Tomografía por emisión de Positrones (TEP), Stolerú et al. (1999), evaluaron en hombres jóvenes las regiones cerebrales cuya activación se correlacionaba con la excitación sexual. Participaron ocho hombres heterosexuales de 20 a 45 años, sanos, diestros sin disfunciones sexuales y que reportaron generalmente o siempre presentar activación sexual ante videos sexualmente explícitos. Los participantes pasaron por tres condiciones experimentales. 1) condición de activación sexual, en la que los participantes vieron dos fragmentos de película sexualmente explícitas (S1 y S2); 2) condición neutra (N), en la que a los participantes se les presentaron dos fragmentos de películas documentales geográficas (N1 y N2) y; 3) condición en donde se presentaron fragmentos de películas humorísticas (H1 y H2). Ante dichas condiciones, se realizaron 4 mediciones: TEP, evaluación subjetiva mediante una escala tipo Likert, medición de la tumescencia peneana por medio de un pletismógrafo peneano y los niveles de testosterona en sangre. Los resultados mostraron que ante la estimulación visual erótica se presenta un triple patrón de activación: la activación bilateral de la corteza temporal inferior (un área de asociación visual); la activación de la ínsula derecha y corteza frontal inferior derecha, (áreas relacionadas con el procesamiento de estados motivacionales) y la activación de la corteza del cíngulo anterior izquierda (área involucrada en el control de funciones autonómicas y neuroendocrinas). La activación de algunas de estas áreas se correlacionó positivamente con los niveles de testosterona en plasma. Respecto a la interacción entre los puntajes de activación sexual reportada por los sujetos en las diferentes condiciones (S vs. N y N vs. S) y las mediciones de flujo sanguíneo cerebral regional, no se encontraron interacciones significativas. Sin embargo, ante la condición de activación sexual, si se obtuvo una interacción positiva entre la tumescencia peneana y la activación de giro occipital inferior derecho.

En otro estudio realizado por Karama et al. (2002) con el fin de comparar el sustrato neural subyacente a la excitación sexual entre hombres y mujeres jóvenes, utilizaron la técnica de resonancia magnética funcional (RMf) en una muestra de 20 hombres y 20 mujeres sanos, diestros con un promedio de edad de entre 24 y 25 años. Se pidió a los sujetos que evitaran contacto sexual durante al menos 24 horas antes del registro. A las mujeres se les registró en el período ovulatorio (menos de 11 días o más de 17 días después del comienzo de su última menstruación). La actividad cerebral se midió durante dos condiciones experimentales: Condición 'erótica' (E), que consistió en la observación de fragmentos de películas con contenido erótico por 179 seg., y una condición emocionalmente 'neutra' (N), observando por 179 seg. fragmentos de una película neutral (individuos interactuando socialmente y rostros neutros). Ambas condiciones fueron presentadas en orden contrabalanceado y estaban separadas por un período de descanso de 25,6 segundos, durante el cual los participantes veían una pantalla en blanco. Al final del registro se pidió a cada sujeto que calificara el nivel de activación sexual percibido en una escala que va de 0 (más bajo) a 8 (más alto). Los resultados mostraron que el

nivel de activación sexual reportado fue significativamente mayor en sujetos masculinos que femeninos. Ante la observación de fragmentos de películas eróticas en comparación de fragmentos de películas neutrales, en ambos sexos, se encontró un aumento del flujo sanguíneo y mayor activación de la corteza del cíngulo anterior, prefrontal medial, orbitofrontal y occipito-temporal, así como de la ínsula, amígdala y cuerpo estriado ventral. Sólo para el grupo de sujetos masculinos hubo evidencia de una activación significativa del tálamo y el hipotálamo. Dicha activación hipotalámica se correlacionó positivamente con los niveles informados de activación sexual.

Como último ejemplo, es interesante mencionar el trabajo realizado por León-Carrión et al. (2007a). El objetivo de este estudio de espectroscopia funcional del Infrarrojo cercano (fNIRS) fue explorar la participación de la corteza prefrontal dorsolateral en el procesamiento de películas con contenido erótico y películas no sexuales. Participaron 15 hombres y 15 mujeres de 19 a 51 años (media 25.84, DS 7.62). De cada participante se midieron los cambios en las concentraciones prefrontales de hemoglobina oxigenada (oxiHb) ante la observación de dos videos, uno con contenido sexualmente explícito (escena de orgía Romana de la película Calígula) y otro video Neutral (escena de la película Long Shadow) el cual fue presentado siempre primero. La medición se realizó en dos momentos: período de percepción directa del estímulo (período "on") y después del cese del estímulo (período "off"). Su hipótesis fue que un estímulo sexual produciría la activación de CPFDL durante el período "on", y que esta activación continuaría en el período "off". La visualización del estímulo no sexual no produjo activación en la corteza prefrontal dorsolateral, mientras que la exposición al estímulo erótico si produjo un incremento en la activación, que fue aún más pronunciada después del cese del estímulo. También reportan diferencias de género en el momento y la intensidad de la activación de tal corteza en respuesta a un estímulo visual sexualmente explícito. Los hombres presentaron una mayor activación sexual y más rápida cuando se exponen a estímulos eróticos que las mujeres. Los autores concluyeron que la corteza prefrontal dorsolateral participa activamente en el mantenimiento de la representación de información sexual en la memoria de trabajo modulada por la activación subjetiva, y que la valoración cognitiva-emocional del estímulo sexual (valencia) juega un papel secundario en esta regulación.

En el 2012, Cera, Di Pierro et al., usando la técnica de RMf y registro de tumescencia penéana, mostraron el fundamental papel que juega el lóbulo parietal superior izquierdo en los procesos de inhibición sexual en pacientes con disfunción eréctil psicogénica mientras observaban videos con contenido erótico.

Conclusión

La atracción sexual es una respuesta de los organismos a la detección de estímulos con significado sexual, y si bien se pudiera pensar que este aspecto es trivial, en realidad sin él, sería imposible la manifestación de la conducta sexual. La atracción sexual requiere de diversos procesos cognitivos, de los cuales sobresale la atención, la cual permitirá que en el individuo se genere el interés por acercarse a los estímulos incentivos de relevancia sexual. Para que ocurra la conducta de aproximación a la potencial pareja sexual que emite tales estímulos, es necesario que se lleve a cabo un adecuado procesamiento de tales estímulos y, por ende, se les asigne un valor incentivo positivo que a su vez generará el estado de motivación sexual. El procesamiento y asignación del valor incentivo de los estímulos, tanto en roedores como en humanos, resulta

del funcionamiento coordinado de estructuras cerebrales subcorticales como el área preóptica medial, el hipotálamo, y áreas del sistema dopaminérgico mesocorticolímbico, así como de áreas corticales, de las cuales se remarca el papel de la corteza prefrontal por su crucial implicación en los procesos cognitivos. Aunque existe una gran diferencia en la eficacia de los estímulos de relevancia sexual para inducir la atracción sexual entre roedores y humanos, se sabe que la ocurrencia simultánea de varios estímulos con contenido sexual es la forma más eficiente de inducir motivación y activación sexual en ambas especies. Ya que los términos de atracción sexual y estado motivacional son conceptos abstractos, éstos deben ser adaptados a la realidad a través de sus manifestaciones conductuales, las cuales, claramente, son diferentes en roedores y humanos, aunque los procesos y sustratos neurofisiológicos que los sustentan son probablemente muy similares.

Referencias

- Abel, G. G., Barlow, D. H., Blanchard, E. B., y Mavissakalian, M. (1975b). Measurement of sexual arousal in male homosexuals: Effects of instructions and stimulus modality. *Archives of Sexual Behavior*, 4(6), 623-629. <https://doi.org/10.1007/BF01544270>
- Abel, G. G., y Blanchard, E. B. (1976). The measurement and generation of sexual arousal in male sexual deviates. En M. Hersen, R. M. Eisler, y P. M. Miller (Eds.), *Progress in behavior modification* (Vol. 2, pp. 99-136). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-535602-2.50010-0>
- Abel, G. G., Blanchard, E. B., Barlow, D. H., y Mavissakalian, M. (1975a). Identifying specific erotic cues in sexual deviations by audiotaped descriptions. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 8(3), 247-260. <https://doi.org/10.1901/jaba.1975.8-247>
- Aftanas, L. I., y Golocheikine, S. A. (2001). Human anterior and frontal midline theta and lower alpha reflect emotionally positive state and internalized attention: High resolution EEG investigation of meditation. *Neuroscience Letters*, 310(1), 57-60. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(01\)02094-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(01)02094-8)
- Ågmo A., y Snoeren E. M. S. (2017). A cooperative function for multisensory stimuli in the induction of approach behavior of a potential mate. *PLoS One*, 12(3), e0174339. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174339>
- Ågmo, A. (1999). Sexual motivation. An inquiry into events determining the occurrence of sexual behavior. *Behavioural Brain Research* 105 (1), 129-150. [https://doi.org/10.1016/S0166-4328\(99\)00088-1](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(99)00088-1)
- Ågmo, A. (2014). Animal models of female sexual dysfunction: Basic considerations on drugs, arousal, motivation and behavior. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 121, 3-15. <https://doi.org/10.1016/j.pbb.2013.10.003>
- Ågmo, A., y Laan, E. (2022). Sexual incentive motivation, sexual behavior, and general arousal: Do rats and humans tell the same story? *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 135, 104595. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104595>
- Ågmo, A., Turi, A. L., Ellingsen, E., y Kaspersen, H. (2004). Preclinical models of sexual desire: Conceptual and behavioral analyses. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 78(3), 379-404. <https://doi.org/10.1016/j.pbb.2004.04.013>
- Ågmo, A., Villalpando, A., Picker, Z., y Fernández, H. (1995). Lesions of the medial prefrontal cortex and sexual behavior in the male rat. *Brain Research*, 696(1-2), 177-186. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(95\)00852-H](https://doi.org/10.1016/0006-8993(95)00852-H)
- Aguilar-Moreno, A., Ortiz, J., Concha, L., Alcauter, S., y Paredes, R. G. (2022). Brain circuits activated by female sexual behavior evaluated by manganese enhanced magnetic resonance imaging. *PLoS One*, 17(8), e0272271. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0272271>
- Amezcu-Gutiérrez, C., Hernández-González, M., Guasti, A. F., Aguilar, M. A. C., y Guevara, M. A. (2021). Observing erotic videos with heterosexual content induces different cerebral responses in homosexual and heterosexual men. *Journal of Homosexuality*, 68(1), 138-156. <https://doi.org/10.1080/00918369.2019.1648079>
- Amezcu-Gutiérrez, C., Ruiz-Díaz, M., Hernández-González, M., Guevara, M. A., Ågmo, A., y Sanz-Martin, A. (2017). Effect of sexual arousal on cortical coupling during performance

- of the Tower of Hanoi task in young men. *The Journal of Sex Research*, 54(3), 398-408. <https://doi.org/10.1080/00224499.2015.1130211>
- Andreassi, J. L. (2000). *Psychophysiology. Human behavior and physiological response*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Antonio-Cabrera, E., y Paredes, R. G. (2014). Testosterone or oestradiol implants in the medial preoptic area induce mating in noncopulating male rats. *Journal of Neuroendocrinology*, 26(7), 448-458. <https://doi.org/10.1111/jne.12164>
- Arnow, B. A., Desmond, J. E., Banner, L. L., Glover, G. H., Solomon, A., Polan, M. L., Lue, T. F., y Atlas, S. W. (2002). Brain activation and sexual arousal in healthy, heterosexual males. *Brain*, 125(5), 1014-1023. <https://doi.org/10.1093/brain/awf108>
- Barfield, R. J., y Geyer, L. A. (1972). Sexual behavior: ultrasonic postejaculatory song of the male rat. *Science*, 176(4041), 1349-1350. <https://doi.org/10.1126/science.176.4041.1349>
- Barfield, R. J., y Thomas, D. A. (1986). The role of ultrasonic vocalizations in the regulation of reproduction in rats^a. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 474(1), 33-43. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1986.tb27996.x>
- Beach, F. A. (1940). Effects of cortical lesions upon the copulatory behavior of male rats. *Journal of Comparative Psychology*, 29(2), 193-245. <https://doi.org/10.1037/h0058820>
- Berridge, K. C. (2012). From prediction error to incentive salience: Mesolimbic computation of reward motivation. *European Journal of Neuroscience*, 35(7), 1124-1143. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2012.07990.x>
- Berridge, K. C., y Kringelbach, M. L. (2015). Pleasure systems in the brain. *Neuron*, 86(3), 646-664. <http://doi.org/10.1016/j.neuron.2015.02.018>
- Bielert, C., y Van der Walt, L. A. (1982). Male chacma baboon (*Papio ursinus*) sexual arousal: Mediation by visual cues from female conspecifics. *Psychoneuroendocrinology*, 7(1), 31-48. [https://doi.org/10.1016/0306-4530\(82\)90053-1](https://doi.org/10.1016/0306-4530(82)90053-1)
- Birnbaum, G. E., Kanat-Maymon, Y., Mizrahi, M., Recanat, M., y Orr, R. (2019). What fantasies can do to your relationship: The effects of sexual fantasies on couple interactions. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 45(3), 461-476. <https://doi.org/10.1177/0146167218789611>
- Blanchard, R. J., Blanchard, D. C., Agullana, R., y Weiss, S. M. (1991). Twenty-two kHz alarm cries to presentation of a predator, by laboratory rats living in visible burrow systems. *Physiology & Behavior*, 50(5), 967-972. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(91\)90423-L](https://doi.org/10.1016/0031-9384(91)90423-L)
- Blanchard, R. J., Flannelly, K. J., y Blanchard, D. C. (1986). Defensive behaviors of laboratory and wild *rattus norvegicus*. *Journal of Comparative Psychology*, 100(2), 101-107. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.100.2.101>
- Blanchard, R. J., Yudko, E. B., Blanchard, D. C., y Taubulis, H. K. (1993). High-frequency (35-70 kHz) ultrasonic vocalizations in rats confronted with anesthetized conspecifics: Effects of gepirone, ethanol, and diazepam. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 44(2), 313-319. [https://doi.org/10.1016/0091-3057\(93\)90467-8](https://doi.org/10.1016/0091-3057(93)90467-8)
- Bocher, M., Chisin, R., Parag, Y., Freedman, N., Weil, Y. M., Lester, H., Mishani, E., y Bonne, O. (2001). Cerebral activation associated with sexual arousal in response to a pornographic clip: A 15O-H₂O PET study in heterosexual men. *Neuroimage*, 14(1), 105-117. <https://doi.org/10.1006/nimg.2001.0794>

- Bradley, M. M., y Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25(1), 49-59. [https://doi.org/10.1016/0005-7916\(94\)90063-9](https://doi.org/10.1016/0005-7916(94)90063-9)
- Brudzynski, S. M. (2005). Principles of rat communication: Quantitative parameters of ultrasonic calls in rats. *Behavior Genetics*, 35, 85-92. <https://doi.org/10.1007/s10519-004-0858-3>
- Brudzynski, S. M., Bihari, F., Ociepa, D., y Fu, X. W. (1993). Analysis of 22 kHz ultrasonic vocalization in laboratory rats: Long and short calls. *Physiology & Behavior*, 54(2), 215-221. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(93\)90102-L](https://doi.org/10.1016/0031-9384(93)90102-L)
- Brudzynski, S. M., Kehoe, P., y Callahan, M. (1999). Sonographic structure of isolation-induced ultrasonic calls of rat pups. *Developmental Psychobiology: The Journal of the International Society for Developmental Psychobiology*, 34(3), 195-204. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2302\(199904\)34:3<195::AID-DEV4>3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2302(199904)34:3<195::AID-DEV4>3.0.CO;2-S)
- Brudzynski, S. M., y Ociepa, D. (1992). Ultrasonic vocalization of laboratory rats in response to handling and touch. *Physiology & Behavior*, 52(4), 655-660. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(92\)90393-G](https://doi.org/10.1016/0031-9384(92)90393-G)
- Cain, D. P., y Paxinos, G. (1974). Olfactory bulbectomy and mucosal damage: Effects on copulation, irritability, and interspecific aggression in male rats. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 86(2), 202-212. <https://doi.org/10.1037/h0035932>
- Calabrò, R. S., Cacciola, A., Bruschetta, D., Milardi, D., Quattrini, F., Sciarrone, F., La Rosa, G., Bramanti, P., y Anastasi, G. (2019). Neuroanatomy and function of human sexual behavior: A neglected or unknown issue? *Brain and Behavior*, 9(12), e01389. <https://doi.org/10.1002/brb3.1389>
- Cera, N., Delli Pizzi, S., Di Pierro, E. D., Gambi, F., Tartaro, A., Vicentini, C., Paradiso-Galatioto, G., y Ferretti, A. (2012b). Macrostructural alterations of subcortical grey matter in psychogenic erectile dysfunction. *PLoS One*, 7(6), e39118. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039118>
- Cera, N., Di Pierro, E. D., Sepede, G., Gambi, F., Perrucci, M. G., Merla, A., Tartaro, A., Del Gratta, C., Galatioto-Paradiso, G., Vicentini, C., Romani, G., y Ferretti, A. (2012a). The role of left superior parietal lobe in male sexual behavior: Dynamics of distinct components revealed by fMRI. *The Journal of Sexual Medicine*, 9(6), 1602-1612. <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2012.02719.x>
- Chen, G., Yang, B., Chen, J., Zhu, L., Jiang, H., Yu, W., Zang, F., Chen, Y., y Dai, Y. (2018). Changes in male rat sexual behavior and brain activity revealed by functional magnetic resonance imaging in response to chronic mild stress. *The Journal of Sexual Medicine*, 15(2), 136-147. <https://doi.org/10.1016/j.jsxm.2017.11.221>
- Cohen, A. S., Rosen, R. C., y Goldstein, L. (1985). EEG hemispheric asymmetry during sexual arousal: psychophysiological patterns in responsive, unresponsive, and dysfunctional men. *Journal of Abnormal Psychology*, 94(4), 580. <https://doi.org/10.1037/0021-843X.94.4.580>
- Corona, R., Larriva-Sahd, J., y Paredes, R. G. (2011). Paced-mating increases the number of adult new born cells in the internal cellular (granular) layer of the accessory olfactory bulb. *PLoS One*, 6(5), e19380. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019380>
- Cortes, P. M., Hernández-Arteaga, E., Sotelo-Tapia, C., Guevara, M. A., Medina, A. C., y Hernández-González, M. (2019). Effects of inactivation of the ventral tegmental area on

- prefronto-accumbens activity and sexual motivation in male rats. *Physiology & Behavior*, 209, 112593. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2019.112593>
- Detenber, B. H., Simons, R. F., y Bennett Jr., G. G. (1998). Roll 'em!: The effects of picture motion on emotional responses. *Journal of Broadcasting & Electronic Media*, 42(1), 113-127. <https://doi.org/10.1080/08838159809364437>
- Dimpfel, W., Wedekind, W., y Keplinger, I. (2003). Gender difference in electrical brain activity during presentation of various film excerpts with different emotional content. *European Journal of Medical Research*, 8(5), 192-198.
- Domínguez-Estrada, C.A. (2019). *Correlación electroencefalográfica prefronto-parietal durante la motivación sexual en ratas macho*. [Tesis de Licenciatura en Biología no publicada]. Universidad de Guadalajara.
- Edwards, D. A., Griffis, K. T., y Tardivel, C. (1990). Olfactory bulb removal: Effects on sexual behavior and partner-preference in male rats. *Physiology & Behavior*, 48(3), 447-450. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(90\)90342-2](https://doi.org/10.1016/0031-9384(90)90342-2)
- Exton, M. S., Bindert, A., Kruger, T., Scheller, F., Hartmann, U., y Schedlowski, M. (1999). Cardiovascular and endocrine alterations after masturbation-induced orgasm in women. *Psychosomatic Medicine*, 61(3), 280-289. <https://doi.org/10.1097/00006842-199905000-00005>
- Exton, M. S., Krüger, T. H., Koch, M., Paulson, E., Knapp, W., Hartmann, U., y Schedlowski, M. (2001). Coitus-induced orgasm stimulates prolactin secretion in healthy subjects. *Psychoneuroendocrinology*, 26(3), 287-294. [https://doi.org/10.1016/S0306-4530\(00\)00053-6](https://doi.org/10.1016/S0306-4530(00)00053-6)
- Exton, N. G., Truong, T. C., Exton, M. S., Wingenfeld, S. A., Leygraf, N., Saller, B., Hartmann, U., y Schedlowski, M. (2000). Neuroendocrine response to film-induced sexual arousal in men and women. *Psychoneuroendocrinology*, 25(2), 187-199. [https://doi.org/10.1016/S0306-4530\(99\)00049-9](https://doi.org/10.1016/S0306-4530(99)00049-9)
- Freund, K., Langevin, R., y Zajac, Y. (1974). A note on erotic arousal value of moving and stationary human forms. *Behaviour Research and Therapy*, 12(2), 117-119. [https://doi.org/10.1016/0005-7967\(74\)90100-4](https://doi.org/10.1016/0005-7967(74)90100-4)
- Fujita, K. (1993). Development of visual preference for closely related species by infant and juvenile macaques with restricted social experience. *Primates*, 34, 141-150. <https://doi.org/10.1007/BF02381385>
- Fuster, J. M. (2017). Prefrontal cortex in decision-making: The perception–action cycle. En J-C. Dreher, y L. Tremblay (Eds.), *Decision neuroscience* (pp. 95-105). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805308-9.00008-7>
- Gaither, G. A., y Plaud, J. J. (1997). The effects of secondary stimulus characteristics on men's sexual arousal. *Journal of Sex Research*, 34(3), 231-236. <https://doi.org/10.1080/00224499709551890>
- García Visbal, C. (2012). *La dialéctica de los estímulos*. Editorial Universitaria de la Costa EDUCOSTA.
- Gaytán-Tocavén, L., Aguilar-Moreno, A., Ortiz, J., Alcauter, S., Antonio-Cabrera, E., y Paredes, R. G. (2023). Identification of neural circuits controlling male sexual behavior and sexual motivation by manganese-enhanced magnetic resonance imaging. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 17, 1301406. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2023.1301406>

- Gazzaniga, M. S. (1998). *Cuestiones de la mente: Cómo interactúan la mente y el cerebro para crear nuestra vida consciente*. Herder.
- Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B., y Mangun, G. R. (1998). Attention and selective perception. En M. S. Gazzaniga, R. B. Ivry, y G. R. Mangun (Eds.), *Cognitive neuroscience. The biology of the mind* (pp. 207-245). WW Norton & Company.
- Gesquiere, L. R., Wango, E. O., Alberts, S. C., y Altmann, J. (2007). Mechanisms of sexual selection: Sexual swellings and estrogen concentrations as fertility indicators and cues for male consort decisions in wild baboons. *Hormones and Behavior*, 51(1), 114-125. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2006.08.010>
- Gola, M., Wordecha, M., Marchewka, A., y Sescousse, G. (2016). Visual sexual stimuli—Cue or reward? A perspective for interpreting brain imaging findings on human sexual behaviors. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 402. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00402>
- Golde, J. A., Strassberg, D. S., y Turner, C. M. (2000). Psychophysiologic assessment of erectile response and its suppression as a function of stimulus media and previous experience with plethysmography. *Journal of Sex Research*, 37(1), 53-59. <https://doi.org/10.1080/00224490009552020>
- González-Pimentel, R., y Hernández-González, M. (2002). Aspectos motivacionales de la conducta sexual. En M. Hernández-González (Coord.), *Motivación animal y humana* (pp. 127-151). El Manual Moderno.
- Guevara, M. A., Gómez-Navarro, C., Amezcua-Gutiérrez, C., Hernández-González, M., y Ágmo, A. (2018). Electroencephalographic correlates of sexual arousal induced by sexually-explicit reading in human females. *Journal of Behavioral and Brain Science*, 8(11), 599-614. <https://doi.org/10.4236/jbbs.2018.811037>
- Guevara, M. A., Martínez-Pelayo, M., Silva, M. A., Bonilla-Jaime, H., y Hernández-González, M. (2008). Electrophysiological correlates of the mesoaccumbens system during male rat sexual behaviour. *Physiology & Behavior*, 95(4), 545-552. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2008.07.025>
- Heimer, L., y Larsson, K. (1967). Mating behavior of male rats after olfactory bulb lesions. *Physiology & Behavior*, 2(2), 207-209. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(67\)90035-2](https://doi.org/10.1016/0031-9384(67)90035-2)
- Hernández-Arteaga, E., Hernández-González, M., Bonilla-Jaime, H., Guevara, M. A., y Ágmo, A. (2020). Pubertal stress decreases sexual motivation and suppresses the relation between cerebral theta rhythms and testosterone levels in adult male rats. *Brain Research*, 1745, 146937. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2020.146937>
- Hernández-González, M., Abascal, D. R. C. G., Guevara, M. A., Orozco, R. A. R., Almanza-Sepúlveda, M. L., y Mancilla, L. E. F. (2013). Prefrontal and accumbal electric activity during auditory stimulation in virgin female rats: Changes related to the estrous cycle. *Journal of Behavioral and Brain Science*, 3, 454-462. <https://doi.org/10.4236/jbbs.2013.36047>
- Hernández-González, M., Aguirre, F. A. R., Quirarte, G. L., y Magallanes, P. H. (2014). Basolateral amygdala inactivation reduces sexual motivation in male rats during performance of a T-maze task with a sexual reward. *Journal of Behavioral and Brain Science*, 4, 223-233. <https://doi.org/10.4236/jbbs.2014.45024>

- Hernández-González, M., Domínguez-Estrada, C. A., Hernández-Arteaga, E., Arteaga-Silva, M., y Guevara, M. Á. (2022). Male rats exhibit higher prefrontal-parietal EEG synchronization during the sexually-motivated state. *Physiology & Behavior*, 256, 113937. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2022.113937>
- Hernández-González, M., y Guevara, M. A. (2009). Participation of the prefrontal cortex in the processing of sexual and maternal incentives. En L. LoGrasso, y G. Morretti (Eds.), *Prefrontal cortex: Roles, interventions and traumas* (pp. 1-42). Nova Science Publishers.
- Hernández-González, M., Guevara, M. A., y Ágmo, A. (2008). Motivational influences on the degree and direction of sexual attraction. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1129(1), 61-87. <https://doi.org/10.1196/annals.1417.010>
- Hernández-González, M., Prieto-Beracoechea, C. A., Arteaga-Silva, M., y Guevara, M. A. (2007). Different functionality of the medial and orbital prefrontal cortex during a sexually motivated task in rats. *Physiology & Behavior*, 90(2-3), 450–458. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.10.006>
- Hernández-González, M., Reynoso-Orozco, O., Guevara, M.A., Chapa García Abascal, D. R., Ágmo, A. (2016). Electroencephalographic coupling in the amygdala and prefrontal cortex in relation to the estrous cycle and duration of vaginocervical stimulation in the rat. *Brain Research*, 1652, 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2016.09.033>
- Herz, R. S., y Cahill, E. D. (1997). Differential use of sensory information in sexual behavior as a function of gender. *Human Nature*, 8, 275-286. <https://doi.org/10.1007/BF02912495>
- Hetta, J., Meyerson, B. J. (1978). Sexual motivation in the male rat: a methodological study of sex-specific orientation and the effects of gonadal hormones. *Acta Physiologica Scandinavica. Supplementum*, 453, 1–67.
- High, R. W., Rubin, H. B., y Henson, D. (1979). Color as a variable in making an erotic film more arousing. *Archives of Sexual Behavior*, 8, 263-267. <https://doi.org/10.1007/BF01541242>
- Hirsch, A., y Gruss, J. (1999). Human male sexual response to olfactory stimuli. *Journal of Neurological and Orthopaedic Medicine and Surgery*, 19, 14-19.
- Hirsch, A. R., Schroder, M., Gruss, J., Bermele, C., y Zagorski, D. (1998). Scentsational sex olfactory stimuli and sexual response in the human female. *International Journal of Aromatherapy*, 9(2), 75-81. [https://doi.org/10.1016/S0962-4562\(98\)80023-4](https://doi.org/10.1016/S0962-4562(98)80023-4)
- Hoffmann, H. (2017). Situating human sexual conditioning. *Archives of Sexual Behavior*, 46, 2213-2229. <https://doi.org/10.1007/s10508-017-1030-5>
- Hull, E. M., y Dominguez, J. M. (2007). Sexual behavior in male rodents. *Hormones and Behavior*, 52(1), 45-55. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.03.030>
- Hull, E. M., y Dominguez, J. M. (2015). Male sexual behavior. En T. M. Plant, y A. J. Zeleznik (Eds.), *Knobil and Neill's, physiology of reproduction* (4a. ed., pp. 2211-2286). Academic Press.
- James, W. (1890). *The principles of psychology*. Henry Holt and Company. <https://doi.org/10.1037/10538-000>
- Johnson, K. P., McKinney, F., Wilson, R., y Sorenson, M. D. (2000). The evolution of postcopulatory displays in dabbling ducks (Anatini): A phylogenetic perspective. *Animal Behaviour*, 59(5), 953-963. <https://doi.org/10.1006/anbe.1999.1399>
- Julien, E., y Over, R. (1988). Male sexual arousal across five modes of erotic stimulation. *Archives of Sexual Behavior*, 17, 131-143. <https://doi.org/10.1007/BF01542663>

- Kandel, E. R., Koester, J. D., Mackm, S. H., y Siegelbaum, S. (2021). *Principles of neural science*. (6a. ed.). McGraw-hill.
- Karama, S., Lecours, A. R., Leroux, J. M., Bourgouin, P., Beaudoin, G., Joubert, S., y Beaugregard, M. (2002). Areas of brain activation in males and females during viewing of erotic film excerpts. *Human Brain Mapping*, 16(1), 1-13. <https://doi.org/10.1002/hbm.10014>
- Keller, M., Douhard, Q., Baum, M. J., y Bakker, J. (2006). Destruction of the main olfactory epithelium reduces female sexual behavior and olfactory investigation in female mice. *Chemical Senses*, 31(4), 315-323. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjj035>
- Keller, M., Pierman, S., Douhard, Q., Baum, M. J., y Bakker, J. (2006). The vomeronasal organ is required for the expression of lordosis behaviour, but not sex discrimination in female mice. *European Journal of Neuroscience*, 23(2), 521-530. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2005.04589.x>
- Kippin, T. E., Cain, S. W., y Pfau, J. G. (2003). Estrous odors and sexually conditioned neutral odors activate separate neural pathways in the male rat. *Neuroscience*, 117(4), 971-979. [https://doi.org/10.1016/S0306-4522\(02\)00972-7](https://doi.org/10.1016/S0306-4522(02)00972-7)
- Klüver, H., y Bucy, P. C. (1939). Preliminary analysis of functions of the temporal lobes in monkeys. *Archives of Neurology & Psychiatry*, 42(6), 979-1000. <https://doi.org/10.1001/archneurpsyc.1939.02270240017001>
- Knutson, B., Burgdorf, J., y Panksepp, J. (1998). Anticipation of play elicits high-frequency ultrasonic vocalizations in young rats. *Journal of Comparative Psychology*, 112(1), 65-73. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.112.1.65>
- Kolářský, A., y Madlafousek, J. (1972). Female behavior and sexual arousal in heterosexual male deviant offenders: An experimental study. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, 155(2), 110-118. <https://doi.org/10.1097/00005053-197208000-00005>
- Kurtz, R. G., y Adler, N. T. (1973). Electrophysiological correlates of copulatory behavior in the male rat: evidence for a sexual inhibitory process. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 84(2), 225. <https://doi.org/10.1037/h0035265>
- Kvitvik, I. L., Berg, K. M., y Ågmo, A. (2010). A neutral odor may become a sexual incentive through classical conditioning in male rats. *Learning and Motivation*, 41(1), 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.lmot.2009.06.003>
- Larsson, K. (1975). Sexual impairment of inexperienced male rats following pre-and postpuberal olfactory bulbectomy. *Physiology & Behavior*, 14(2), 195-199. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(75\)90165-1](https://doi.org/10.1016/0031-9384(75)90165-1)
- Le Moëne, O., y Ågmo, A. (2018). The neuroendocrinology of sexual attraction. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 51, 46-67. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2017.12.006>
- León-Carrión, J., Damas, J., Izzetoglu, K., Pourrezai, K., Martín-Rodríguez, J. F., Barroso y Martín, J. M., y Dominguez-Morales, M. R. (2006). Differential time course and intensity of PFC activation for men and women in response to emotional stimuli: a functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) study. *Neuroscience Letters*, 403(1-2), 90-95. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2006.04.050>
- León-Carrión, J., Martín-Rodríguez, J. F., Damas-López, J., Pourrezai, K., Izzetoglu, K., Barroso y Martín, J. M. B., y Dominguez-Morales, M. R. (2007a). Does dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) activation return to baseline when sexual stimuli cease?: The role of

- DLPFC in visual sexual stimulation. *Neuroscience Letters*, 416(1), 55-60. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2007.01.058>
- León-Carrión, J., Martín-Rodríguez, J. F., Damas-López, J., Pourrezai, K., Izzetoglu, K., Barroso y Martín, J. M. B., y Domínguez-Morales, M. R. (2007b). A lasting post-stimulus activation on dorsolateral prefrontal cortex is produced when processing valence and arousal in visual affective stimuli. *Neuroscience Letters*, 422(3), 147-152. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2007.04.087>
- Leonardo-Oviedo, G. (2004). La definición del concepto de percepción en psicología con base en la teoría Gestalt. *Revista de Estudios Sociales*, 18, 89-96. <https://journals.openedition.org/revestudsoc/24808>
- Liu, Y. C., Salamone, J. D., y Sachs, B. D. (1997). Lesions in medial preoptic area and bed nucleus of stria terminalis: Differential effects on copulatory behavior and noncontact erection in male rats. *Journal of Neuroscience*, 17(13), 5245-5253. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.17-13-05245.1997>
- Loewenstein, S. (1978). An overview of some aspects of female sexuality. *Social Casework*, 59(2), 106-115. <https://doi.org/10.1177/104438947805900206>
- Lore, R., Flannelly, K., y Farina, P. (1976). Ultrasounds produced by rats accompany decreases in intraspecific fighting. *Aggressive Behavior*, 2(3), 175-181. [https://doi.org/10.1002/1098-2337\(1976\)2:3<175::AID-AB2480020302>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/1098-2337(1976)2:3<175::AID-AB2480020302>3.0.CO;2-7)
- Mas, M. (1999). La experiencia emocional de la sexualidad: Una perspectiva psicofisiológica. *Arbor*, 162(640), 451-471. <https://doi.org/10.3989/arbor.1999.i640.1655>
- McConaghy, N. (1974). Penile volume responses to moving and still pictures of male and female nudes. *Archives of Sexual Behavior*, 3(6), 565-570. <https://doi.org/10.1007/BF01541138>
- McIntosh, T. K., y Barfield, R. J. (1980). The temporal patterning of 40–60 kHz ultrasonic vocalizations and copulation in the rat (*Rattus norvegicus*). *Behavioral and Neural Biology*, 29(3), 349-358. [https://doi.org/10.1016/S0163-1047\(80\)90259-9](https://doi.org/10.1016/S0163-1047(80)90259-9)
- Meisel, R. I., y Sachs, B. D. (1994). The physiology of male sexual behavior. En E. M. Knobil, y J. D. Nelly (Eds.), *The physiology of reproduction* (2a. ed., pp. 3-105). Raven Press.
- Meisel, R. L., Lumia, A. R., y Sachs, B. D. (1980). Effects of olfactory bulb removal and flank shock on copulation in male rats. *Physiology & Behavior*, 25(3), 383-387. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(80\)90277-2](https://doi.org/10.1016/0031-9384(80)90277-2)
- Meyerson, B. J., y Lindström, L. H. (1973). Sexual motivation in the female rat. A methodological study applied to the investigation of the effect of estradiol benzoate. *Acta Physiologica Scandinavica. Supplementum*, 389, 1-80.
- Moruzzi, G., y Magoun, H. W. (1949). Brain stem reticular formation and activation of the EEG. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1(1-4), 455-473.
- Murphy, M. R., y Schneider, G. E. (1970). Olfactory bulb removal eliminates mating behavior in the male golden hamster. *Science*, 167(3916), 302-304. <https://doi.org/10.1126/science.167.3916.302>
- O'Connell, L. A., y Hofmann, H. A. (2011). The vertebrate mesolimbic reward system and social behavior network: a comparative synthesis. *Journal of Comparative Neurology*, 519(18), 3599-3639. <https://doi.org/10.1002/cne.22735>
- O'Connell, L. A., y Hofmann, H. A. (2012). Evolution of a vertebrate social decision-making network. *Science*, 336(6085), 1154-1157. <https://doi.org/10.1126/science.1218889>

- Ojeda, N., Ortuño, F., López, P., Arbizu, J., Martí-Climent, J., y Cervera-Enguix, S. (2002). Bases neuroanatómicas de la atención mediante PET-15O: El papel de la corteza prefrontal y parietal en los procesos voluntarios. *Revista de Neurología*, 35(6), 501-507. <https://doi.org/10.33588/rn.3506.2002158>
- Paredes, R. G. (2003). Medial preoptic area/anterior hypothalamus and sexual motivation. *Scandinavian Journal of Psychology*, 44(3), 203-212. <https://doi.org/10.1111/1467-9450.00337>
- Pautler, R. G., y Koretsky, A. P. (2002). Tracing odor-induced activation in the olfactory bulbs of mice using manganese-enhanced magnetic resonance imaging. *Neuroimage*, 16(2), 441-448. <https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1075>
- Pfaff, D. W., y Ågmo, A. (2002). Reproductive motivation. En H. Pashler, y R. Gallistel (Eds.), *Steven's handbook of experimental psychology: Learning, motivation, and emotion* (3a. ed., pp. 709–736). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/0471214426.pas0317>
- Pfaff, D., y Ågmo, A. (2010). Hormonal contributions to arousal and motivation. En G. Koob, M. L. Moal, y R. F. Thompson (Eds.), *Encyclopedia of behavioral neuroscience* (pp. 45-48). Elsevier.
- Pfaus, J. G. (2009). Pathways of sexual desire. *The Journal of Sexual Medicine*, 6(6), 1506-1533. <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2009.01309.x>
- Portavella, M., Depaulis, A., y Vergnes, M. (1993). 22–28 kHz ultrasonic vocalizations associated with defensive reactions in male rats do not result from fear or aversion. *Psychopharmacology*, 111, 190-194. <https://doi.org/10.1007/BF02245522>
- Portfors, C. V. (2007). Types and functions of ultrasonic vocalizations in laboratory rats and mice. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, 46(1), 28-34.
- Portillo, W., y Paredes, R. G. (2004). Sexual incentive motivation, olfactory preference, and activation of the vomeronasal projection pathway by sexually relevant cues in non-copulating and naive male rats. *Hormones and Behavior*, 46(3), 330-340. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2004.03.001>
- Puglisi-Allegra, S., y Ventura, R. (2012). Prefrontal/accumbal catecholamine system processes high motivational salience. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 6, 31. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2012.00031>
- Redouté, J., Stoléru, S., Grégoire, M. C., Costes, N., Cinotti, L., Lavenne, F., Le Bars, D., Forest, M., y Pujol, J. F. (2000). Brain processing of visual sexual stimuli in human males. *Human Brain Mapping*, 11(3), 162-177. [https://doi.org/10.1002/1097-0193\(200011\)11:3<162::AID-HBM30>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/1097-0193(200011)11:3<162::AID-HBM30>3.0.CO;2-A)
- Redouté, J., Stoléru, S., Pugeat, M., Costes, N., Lavenne, F., Le Bars, D., Dechaud, H., Cinotti, L., y Pujol, J. F. (2005). Brain processing of visual sexual stimuli in treated and untreated hypogonadal patients. *Psychoneuroendocrinology*, 30(5), 461-482. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2004.12.003>
- Rodríguez, G., y Alonso, G. (2006). Aprendizaje perceptivo. En O. Pineño, M. A. Vadillo, y H. Matute (Eds.), *Psicología del aprendizaje* (pp. 103-119). Abecedario.
- Rolls, E. T. (2000). The orbitofrontal cortex and reward. *Cerebral Cortex*, 10(3), 284-294. <https://doi.org/10.1093/cercor/10.3.284>
- Rolls, E. T. (2004). The functions of the orbitofrontal cortex. *Brain and Cognition*, 55(1), 11-29. [https://doi.org/10.1016/S0278-2626\(03\)00277-X](https://doi.org/10.1016/S0278-2626(03)00277-X)

- Ruiz-Díaz, M., Hernández-González, M., Guevara, M. A., Amezcua-Gutiérrez, C., y Ágmo, A. (2012). Prefrontal EEG correlation during tower of Hanoi and WCST performance: Effect of emotional visual stimuli. *The Journal of Sexual Medicine*, 9(10), 2631-2640. <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2012.02782.x>
- Sachs, B. D. (2000). Contextual approaches to the physiology and classification of erectile function, erectile dysfunction, and sexual arousal. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 24(5), 541-560. [https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(00\)00022-1](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(00)00022-1)
- Sachs, B. D. (2007). A contextual definition of male sexual arousal. *Hormones and Behavior*, 51(5), 569-578. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.03.011>
- Sammler, D., Grigutsch, M., Fritz, T., y Koelsch, S. (2007). Music and emotion: Electrophysiological correlates of the processing of pleasant and unpleasant music. *Psychophysiology*, 44(2), 293-304. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00497.x>
- Sampieri-Cabrera, R., y Melchor, V. S. R. H. (2022). *Alexánder. Fisiología celular y neurofisiología*. El Manual Moderno.
- Schimmack, U., y Derryberry, D. E. (2005). Attentional interference effects of emotional pictures: Threat, negativity, or arousal? *Emotion*, 5(1), 55-66. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.5.1.55>
- Schultz, W. (2006). Behavioral theories and the neurophysiology of reward. *Annual Review of Psychology*, 57, 87-115. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.56.091103.070229>
- Schultz, W. (2015). Neuronal reward and decision signals: From theories to data. *Physiological Reviews*, 95(3), 853-951. <https://doi.org/10.1152/physrev.00023.2014>
- Sergeant, M. J., Davies, M. N., Dickins, T. E., y Griffiths, M. D. (2005). The self-reported importance of olfaction during human mate choice. *Sexualities, Evolution & Gender*, 7(3), 199-213. <https://doi.org/10.1080/14616660500173685>
- Sergeant, M. J., Dickins, T. E., Davies, M. N., y Griffiths, M. D. (2007). Women's hedonic ratings of body odor of heterosexual and homosexual men. *Archives of Sexual behavior*, 36, 395-401. <https://doi.org/10.1007/s10508-006-9126-3>
- Snoeren, E., y Ágmo, A. (2013). Female ultrasonic vocalizations have no incentive value for male rats. *Behavioral Neuroscience*, 127(3), 439-450. <https://doi.org/10.1037/a0032027>
- Snoeren, E., y Ágmo, A. (2014a). The incentive value of males' 50-kHz ultrasonic vocalizations for female rats (*Rattus norvegicus*). *Journal of Comparative Psychology*, 128(1), 40-55. <https://doi.org/10.1037/a0033204>
- Snoeren, E., y Ágmo, A. (2014b). The role of odors and ultrasonic vocalizations in female rat (*Rattus norvegicus*) partner choice. *Journal of Comparative Psychology*, 128(4), 367-377. <https://doi.org/10.1037/a0036541>
- Stoléru, S., Fontelle, V., Cornélis, C., Joyal, C., y Moulrier, V. (2012). Functional neuroimaging studies of sexual arousal and orgasm in healthy men and women: A review and meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(6), 1481-1509. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.03.006>
- Stoléru, S., Gregoire, M. C., Gerard, D., Decety, J., Lafarge, E., Cinotti, L., Lavenne, F., Le Bars, D., Vernet-Maury, E., Rada, H., Collet, C., Mazoyer, B., Forest, M., Magnin, F., Spira, A., y Comar, D. (1999). Neuroanatomical correlates of visually evoked sexual arousal in

- human males. *Archives of Sexual Behavior*, 28, 1-21.
<https://doi.org/10.1023/a:1018733420467>
- Thomas, D. A., Takahashi, L. K., y Barfield, R. J. (1983). Analysis of ultrasonic vocalizations emitted by intruders during aggressive encounters among rats (*Rattus norvegicus*). *Journal of Comparative Psychology*, 97(3), 201-206.
<https://doi.org/10.1037/0735-7036.97.3.201>
- Whipple, B., Ogden, G., y Komisaruk, B. R. (1992). Physiological correlates of imagery-induced orgasm in women. *Archives of Sexual Behavior*, 21, 121-133.
<https://doi.org/10.1007/bf01542589>
- Zhao, L., Guan, M., Zhu, X., Karama, S., Khundrakpam, B., Wang, M., Dong, M., Qin, W., Tian, J., Evans, A., y Shi, D. (2015). Aberrant topological patterns of structural cortical networks in psychogenic erectile dysfunction. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 675.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00675>