



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE PSICOLOGÍA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**Control cognitivo y su relación con
distintas tareas de memoria de trabajo**

TESIS PRESENTADA POR

Sarahí del Carmen Manríquez Calderón

PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE
Maestra en Psicología

COMITÉ TUTORAL

Erwin Rogelio Villuendas González (Tutor)
Doctor en Ciencia del Comportamiento

Esteban Gudayol Ferré (Cotutor)
Doctor en Investigación en Medicina

Ferran Padrós Blázquez
Doctor en Psicología

REVISORES

María Rosales García
Doctora en Psicología

Geisa Bearitz Gallardo Moreno
Doctora en Ciencia del Comportamiento

MORELIA, MICH., FEBRERO DE 2024



Agradecimientos

A Erwin Rogelio Villuendas González, tutor de esta tesis, por compartir conmigo tiempo y conocimientos, entre muchas otras cosas; por su amistad y las innumerables conversaciones que me han permitido descubrir historias fascinantes. Por su generosidad y por siempre creer en mí.

A Esteban Gudayol Ferré y Ferran Padrós Blázquez, miembros de mi comité tutorial, por su guía a lo largo de este proyecto y por todos sus consejos. Por confiar en mí.

A María Rosales García y Geisa Bearitz Gallardo Moreno, revisoras de esta tesis, por cada una de sus valiosas recomendaciones que contribuyeron con la mejora de este trabajo.

A mi madre, por su apoyo incondicional.

A mis hermanas y sobrina, por ser una fuente inagotable de alegría en mi vida.

A mis amigos, por su soporte en muchos aspectos.

A las personas que participaron en este proyecto, por todo su tiempo; sin ustedes difícilmente hubiera sido posible.

A la Dra. Tingting Wu, profesora en la Capital Normal University de Beijing, por su invaluable contribución durante el análisis de los datos de control cognitivo.

Al Laboratorio de Atención y Memoria de Trabajo del Georgia Institute of Technology, por proporcionarnos las tareas de intervalo complejo utilizadas para medir memoria de trabajo, y además, por permitirnos colaborar en su plataforma con la traducción al español de estas tareas.

Al CONAHCYT, con cuya beca pude concluir mis estudios de posgrado.

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, a la Facultad de Psicología y a la División de Estudios de Posgrado, por su compromiso con la formación de profesionistas.

Resumen	4
Abstract	5
Introducción	6
Control Cognitivo	8
El control cognitivo reduce la incertidumbre facilitando la toma de decisiones.	9
El control cognitivo es modulado por las redes atencionales.	10
El control cognitivo se evalúa con tareas que provocan conflicto y reducen la incertidumbre.	12
El control cognitivo coordina sus operaciones apoyado de una red a gran escala.....	13
Memoria de Trabajo	15
La memoria de trabajo requiere de un componente ejecutivo y de tres sistemas de almacenamiento.	16
Los mecanismos neuronales de la memoria de trabajo influyen en el control de la conducta.	21
Planteamiento del problema	23
Definiciones conceptuales y operacionales.....	24
Objetivos	25
Preguntas de investigación e hipótesis.....	25
Métodos	27
Participantes	27
Instrumentos.....	27
Procedimiento	36
Análisis de los datos.....	38
Consideraciones éticas	38
Resultados	39
Discusión	42
Hallazgos.....	42
Evaluación de los métodos.....	44
Modificaciones y extensiones del estudio.....	45
Conclusiones	45
Referencias	46
Apéndices	55

Resumen

El control cognitivo (CC) es un proceso que coordina las operaciones mentales en condiciones de incertidumbre a niveles perceptuales o superiores controlando qué información llega a la conciencia para la toma de decisiones. Dada su estrecha relación con el control de la conducta, la memoria de trabajo (MT) es uno de los procesos cognitivos que más se han relacionado con el CC. Como la MT y el CC comparten al ejecutivo central (EC), se cree que cualquier comprensión de los mecanismos básicos de la MT conduce directamente a una mayor comprensión de aspectos más complejos de la cognición humana. Para analizar la relación entre capacidad de control cognitivo (CCC) y MT 27 estudiantes universitarios respondieron seis tareas: *backward majority function task-masked* (MFT-M), dígitos (progresión y regresión), cubos (progresión y regresión), y tres *tareas de intervalo complejo de MT* (OSpan, RotSpan y SymSpan) en dos sesiones. La correlación entre la CCC y las tareas de MT con un alto componente de EC: DR (dígitos en regresión), CR (cubos en regresión) y las tres *tareas de intervalo complejo de MT* únicamente fue significativa con la tarea CR. En cambio las tareas de MT con una carga menor de EC, tal como se esperaba, no mostraron correlaciones estadísticamente significativas con esta capacidad. Los resultados obtenidos en este estudio no muestran una relación entre el CC y la eficiencia en la resolución de tareas de MT con bajo nivel de ejecutivo central. Sin embargo, sí se relacionó con el desempeño en tareas como CR cuyo nivel de ejecutivo central es más alto; esto implicaría que una mayor CCC de alguna forma podría garantizar que las personas tengan un buen desempeño en tareas de este tipo. Es importante mencionar que la relación entre la CC y las distintas tareas de MT es compleja y se requieren más estudios que permitan clarificar la contribución de la CCC en los resultados obtenidos en tareas que evalúan MT.

Palabras clave: Control Cognitivo, Memoria de Trabajo, Ejecutivo Central, *Backward Majority Function Task-Masked* (MFT-M), Tareas Complejas de Memoria de Trabajo.

Abstract

Cognitive control (CC) is a process that coordinates mental operations under conditions of uncertainty at perceptual or higher levels controlling what information reaches consciousness for decision-making. Due to its close relationship with behavioral control, working memory (WM) is one of the cognitive processes most associated with CC. As WM and CC share the central executive (CE), it is believed that any understanding of the basic mechanisms of WM directly contributes to a greater understanding of more complex aspects of human cognition. To analyze the relationship between cognitive control capacity (CCC) and WM, 27 university students completed six tasks: *backward majority function task-masked* (MFT-M), digits (forward and backward), cubes (forward and backward), and three *working memory complex span tasks* (OSpan, RotSpan, and SymSpan) in two sessions. The correlation between CCC and WM tasks with a high CE component, specifically BD (backward digits), BC (backward cubes), and the three *working memory complex span tasks*, was only significant with the BC task. In contrast, WM tasks with a lower CE load, as expected, did not show statistically significant correlations with this capacity. The results obtained in this study do not demonstrate a relationship between CC and efficiency in solving WM tasks with a low central executive level. However, it is related to performance in tasks like BC, which have a higher central executive level; this suggests that greater CCC might somehow ensure that individuals perform well in such tasks. It is important to mention that the relationship between CC and various WM tasks is complex, and further studies are needed to clarify the contribution of CCC to the results obtained in WM evaluation tasks.

Keywords: Cognitive Control, Working Memory, Central Executive, *Backward Majority Function Task-Masked* (MFT-M), Working Memory Complex Span Tasks.

Introducción

Las personas procesan una gran cantidad de estímulos todo el tiempo. Algunos de estos estímulos provienen del entorno y llegan a través de los sentidos (se denominan exógenos); otros, como las ideas o los pensamientos, surgen del interior de la persona (se denominan endógenos). Como forma de adaptación y para que nuestro procesamiento sea eficiente, se requiere de una selección que nos permita identificar y filtrar los estímulos que necesitan llegar a la conciencia. Si perdiéramos esa capacidad, posiblemente los canales sensoriales estarían saturados y cada una de las sensaciones agudizadas; nuestros sentidos transmitirían cualquier información, fuera o no relevante, y el sólo hecho de iniciar el día sería desgastante y caótico. Pero ¿cómo se decide qué información procesamos y cuál no?

En los años 50s, Donald Broadbent (1957) propuso un modelo según el cual sólo la información relevante alcanza un nivel de atención focalizada. Esto se logra a partir de filtros atencionales que seleccionan la parte apropiada de la información recibida que se necesite, excluyendo la restante; en otras palabras, los estímulos poco importantes para realizar una tarea simplemente no se procesan. Sin embargo, este modelo no pudo explicar por qué la información que en apariencia no es relevante y en consecuencia debería recibir pocos recursos, en realidad no se excluye por completo y sí se procesa a un nivel profundo. Más tarde se comprendió que nuestro cerebro, a través de una organización jerárquica, elige los estímulos relevantes y al mismo tiempo analiza la relevancia conductual del resto de la información para finalmente completar su procesamiento (e.g. Fan, 2014; Treisman, 1969).

En los años que siguieron, Ulric Neisser (1975) propuso que las personas son quienes seleccionan la información que consideran pertinente en función de sus experiencias previas, así como de sus expectativas y esquemas actuales. Los estímulos o pensamientos incompatibles con esos esquemas no tienen acceso a la conciencia de las personas (Neisser & Becklen, 1975). Existen esquemas innatos que permanecen activos (como aquellos que orientan la atención hacia ruidos importantes, dolor o eventos ambientales repentinos) y otros que se desarrollan a partir de la experiencia de las personas. Ahora bien, sabemos que el cerebro necesita regular toda la información de la que dispone para lograr un equilibrio, pero ¿de qué forma lo hace? ¿de cuál información necesitamos ser conscientes y cuántos recursos debemos asignarle?

Para organizar el comportamiento, nuestro cerebro requiere de un mecanismo que seleccione y priorice de manera eficiente la información que necesita acceder a la conciencia llamado control cognitivo (CC). Como el CC mantiene una estrecha relación con otros procesos cognitivos: detección consciente de estímulos, atención, memoria de trabajo, funciones ejecutivas e inteligencia (e.g. Chen et al., 2019;

Posner & Dehaene, 1994; Posner & Rothbart, 1992), se cree que una buena forma de analizar sus componentes conductuales es a partir de la comprensión de otros procesos como la memoria de trabajo (MT) (D'Esposito & Postle, 2015). Aunque la mayor parte de las investigaciones actuales se centran en estudiar los sistemas neuronales necesarios para el funcionamiento del CC en general y en el estudio de la corteza frontal (CF) en particular, también sería importante analizar conductualmente la relación entre estos dos constructos.

En este sentido, Chen et al. (2019) propusieron un modelo en el que se muestra una correlación significativa entre CC y MT; de acuerdo con sus hallazgos, estos resultados se explicarían por el alto componente de ejecutivo central (EC) presente en las tareas de MT (componente que ambos procesos comparten) que fueron utilizadas en este estudio. Debido a que la MT y el CC comparten al EC, se cree que cualquier comprensión de los mecanismos básicos de la MT conduce directamente a un mejor entendimiento de los aspectos más complejos de la cognición humana.

Si bien existen investigaciones que miden estas funciones (CC y MT) por separado, e incluso en fechas recientes se han diseñado modelos teóricos que analizan esta relación, el proyecto que a continuación se presenta tuvo como objetivo principal caracterizar la relación entre una tarea que mide capacidad de control cognitivo (CCC) y tareas de MT con niveles distintos de carga para el ejecutivo central; en la medida que el control cognitivo y la memoria de trabajo comparten un proceso común, sus estimaciones deberían estar significativamente correlacionadas, sobre todo en aquellas tareas donde exista un alto componente de EC.

En la primera parte de este trabajo se describe cómo el CC reduce la incertidumbre facilitando la toma de decisiones y de qué forma es modulado por las redes atencionales; además se explican las principales formas de evaluación de este proceso, así como las redes cerebrales que apoyan la coordinación de sus operaciones. También se aborda uno de los principales modelos explicativos de MT y, adicionalmente, se analizan los mecanismos neuronales que influyen en el control de la conducta; lo cual proporciona una explicación a la estrecha relación entre ambos constructos. Los capítulos siguientes detallan los métodos utilizados, así como los resultados obtenidos.

La contribución de este estudio puede resumirse como sigue: no existe relación entre la CCC y la eficiencia en la resolución de tareas de MT con bajo nivel de EC, sin embargo, esta capacidad sí se relacionó con el desempeño en tareas como cubos en regresión (CR). La *backward majority function task-masked* (MFT-M) y las *tareas de intervalo complejo de MT* son instrumentos confiables para evaluar capacidad de memoria de trabajo (CMT) y CC, respectivamente. Es importante considerar una evaluación más amplia que contemple otras tareas con el mismo nivel de EC y que estén relacionadas con la inteligencia fluida. Estos puntos se discuten en el apartado final.

Control Cognitivo

El control cognitivo (CC) es un proceso dinámico que permite la asignación flexible de recursos para procesar información; se encarga de ayudarnos a organizar nuestro comportamiento, así como de ejercer control voluntario sobre el procesamiento ante situaciones que requieren planificación, desarrollo de estrategias, resolución de conflictos o que impliquen la generación de una respuesta novedosa (Posner & Petersen, 1990). Para lograrlo, el CC asigna recursos mentales que permiten la selección de pensamientos y acciones en respuesta a objetivos e intenciones específicas del contexto (Badre, 2008; Kounieher et al., 2009; Miller, 2000).

El CC, como prácticamente todos los comportamientos, está moldeado por la experiencia. Por ejemplo, una persona no nace sabiendo cómo actuar durante la cena en un restaurante; es la experiencia la que nos brinda expectativas sobre la información sensorial importante que requiere atención (e.g. el menú), acciones apropiadas (e.g. de qué forma llamar al mesero) o consecuencias esperadas (e.g. pagar la cuenta). Dicho conocimiento o experiencia activa distintos circuitos neuronales que median el CC, extrayendo las características relevantes de nuestras experiencias para ser utilizadas posteriormente ante situaciones similares (Miller, 2000).

Debido a la complejidad del CC, intentar explicar sus funciones y los mecanismos que lo subyacen ha dado como resultado el desarrollo de diferentes modelos cognitivos y anatomofuncionales. La mayoría estos modelos describen al CC en términos de desempeño de tareas específicas y se basan, principalmente, en la tarea de Stroop (Stroop, 1935) y en la tarea con flancos de Eriksen (Eriksen & Eriksen, 1974): la teoría de monitoreo de conflictos (Botvinick et al., 2001; Yeung et al., 2011), el modelo de activación guiada (Miller & Cohen, 2001) y el modelo de probabilidad de error (Brown & Braver, 2005; Alexander & Brown, 2011).

Por su parte, los modelos anatomofuncionales asocian el funcionamiento del CC con la corteza prefrontal (CPF; Miller & Cohen, 2001) o áreas específicas de ésta como la corteza cingulada anterior (CCA; Botvinick et al., 2001). En este tipo de estudios, se eligen tareas relacionadas con funciones del CC provocando activación en áreas específicas del cerebro. La dificultad en estos modelos es que, cuando se intenta identificar la geografía neuronal de funciones cognitivas complejas, resulta difícil alcanzar un mapeo individual de estructuras a funciones, y viceversa. Es decir, se pueden encontrar una variedad de procesos cognitivos que surjan a partir de la interacción de múltiples estructuras cerebrales (e.g. Price & Friston, 2005; Shackman et al., 2011).

Pese a las importantes aportaciones de todos estos modelos, se cree que sus teorías están dirigidas a capturar las funciones del CC consideradas más relevantes utilizando, básicamente, tareas que promueven la inhibición de respuestas. Esto, como ha sido señalado, es problemático para definir a un constructo tan

heterogéneo como el CC (e.g. Morton et al., 2011; Stout, 2010) que no se limita a la inhibición de respuestas, sino que también es necesario para el procesamiento de información compleja.

El control cognitivo reduce la incertidumbre facilitando la toma de decisiones.

A largo de muchos años, las ciencias cognitivas y las neurociencias han desarrollado distintos modelos para explicar el comportamiento humano. Durante todo ese tiempo, la teoría de la información (TI), que se ocupa del análisis del sistema de comunicación y cuantificación de la información, ha jugado un papel fundamental para la comprensión de diferentes procesos cognitivos. Basándose en la TI propuesta por Claude Elwood Shannon y Warren Weaver (1948), Jin Fan (2014) analiza al cerebro (utilizando conceptos de la TI) como una entidad de procesamiento de la información donde el CC y sus redes cerebrales subyacentes desempeñan un papel fundamental en el tratamiento de las condiciones de incertidumbre (para una mayor revisión consultar Fan, 2014).

En la TI, el valor estadístico de la información está asociado con la probabilidad de elegir, dentro de una lista o conjunto, una señal determinada; esta medida de incertidumbre que existe ante un conjunto del cual va a elegirse un solo estímulo se denomina *entropía*. Una buena forma de cuantificar la *entropía* es midiéndola en *bits*¹, que toma en cuenta la cantidad de información que debe obtenerse antes de que se pueda tomar una decisión correcta (Shannon & Weaver, 1948). Por ejemplo, en una secuencia de eventos predecibles la incertidumbre de los eventos es baja y, por lo tanto, la entropía de la información de esta secuencia también es baja: una secuencia larga con una serie repetida de eventos tiene una entropía de 0 bits porque cada evento es predecible.

Considerando que las personas recibimos información todo el tiempo es necesario que seamos eficientes monitoreando estímulos y evitando la pérdida de señales críticas, lo cual básicamente se consigue generando respuestas automáticas constantemente; de otro modo, una cantidad ilimitada de información general llegaría a nuestra consciencia ocasionando una sobrecarga. Así, procesos sensoriales, motores y del lenguaje requieren mayor capacidad (Wu et al., 2016): ~ 4,300,000 bps (bits por segundo) para el sistema visual (Jacobson, 1951), 8000-10000 bps para el sistema auditivo (Jacobson, 1951), ~ 40 bps para la lectura (Pierce & Karlin, 1957) y ~10 bps para el control motor (Fitts, 1954) en comparación con la capacidad de control cognitivo (CCC), que es notablemente más baja (3-4 bps).

Tomando en cuenta que la información se procesa a través de canales con capacidad limitada, determinada por la cantidad máxima de información que puede transmitirse (por unidad de tiempo) de manera confiable, las personas deben regular sus actividades equilibrando y ordenando toda la información disponible. Para ello, es importante reducir la incertidumbre (Fan, 2014) que puede surgir a

¹ Dígito binario, tomando un valor de 0 o 1, como una unidad básica de almacenamiento y comunicación de información.

partir de un conflicto entre procesos perceptivos y conductuales, y es proporcional al número de respuestas en competencia entre las que se debe elegir. En estos casos, el CC detecta y resuelve conflictos reduciendo la incertidumbre para facilitar la toma de decisiones (Mushtaq et al., 2011).

En términos de procesamiento cognitivo, la incertidumbre puede originarse cuando una persona tiene que realizar un cambio de tareas (costo de cambio o *switch cost*) o justo en el momento que tiene que seleccionar una respuesta, la cual aumenta con el número de respuestas potenciales. También es posible generar incertidumbre cuando las personas tienen que inhibir respuestas predominantes, sobre todo cuando la respuesta requerida no es la más fácilmente accesible: priorizar un proceso menos automatizado y suprimir un proceso más automatizado

El control cognitivo es modulado por las redes atencionales.

El control cognitivo (CC) es un sistema de capacidad limitada que utiliza distintas estrategias cognitivas (e.g. atencionales) relacionadas con la selección de estímulos. Dado que sólo se puede controlar un proceso sin la interferencia de otro, la *atención* funciona como un modulador del CC permitiendo que se cumpla con los objetivos establecidos. Es decir, el CC puede implementarse a través de la participación de los procesos atencionales, los cuales dependen de la actividad coordinada de grupos neuronales que se encuentran distribuidos en diferentes regiones del sistema nervioso central.

Uno de los primeros modelos que describieron el control voluntario y automático de la conducta fue el propuesto por Donald Norman y Tim Shallice (1986) que distingue dos modalidades de análisis perceptivo: el *procesamiento automático*, denominado programa de arbitraje o contención, el cual regula los automatismos atencionales; y el *procesamiento controlado*, denominado sistema atencional supervisor (SAS), que se encarga de planificar, dar respuesta y supervisar la atención ante situaciones novedosas, poco frecuentes o distintas.

El procesamiento automático se realiza en paralelo permitiendo que se procesen distintas informaciones de manera simultánea; los procesos que ya han sido automatizados pueden prescindir del control consciente, lo cual los hace más eficientes. El procesamiento controlado se activa cuando aparece una situación distinta en el ambiente o tenemos que aprender una tarea nueva a la que hay que prestar atención. El SAS también se activa ante situaciones que requieren toma de decisiones, corrección de errores, o ante situaciones de peligro.

Existen distintos modelos que intentan explicar los mecanismos neuroquímicos y neurofisiológicos de la atención (e.g. Meneses, 2006); uno de los más importantes es el propuesto por Michael I. Posner, por tres razones fundamentales: 1) es consistente en cuanto a la explicación que proporciona sobre los hallazgos experimentales, 2) los tres sistemas que postula corresponden a estructuras anatómicas y sistemas

químicos específicos, y 3) las funciones atribuidas a cada uno de los sistemas y su interacción son estudiables y medibles experimentalmente.

El modelo atencional de Posner plantea que la atención es un sistema modular compuesto por tres redes separadas pero interconectadas entre sí: la *red de vigilancia o alerta*, la *red atencional posterior o de orientación*, y la *red anterior o de control ejecutivo* (Posner & Petersen, 1990). Cada una de estas redes se encarga de funciones atencionales distintas y a su vez estarían asociadas a áreas cerebrales diferenciadas, controlando qué información entra en la conciencia y cuál no (Fan et al., 2009; Posner & Fan, 2008).

La red de alerta permite un aumento de la vigilancia (estado de alta sensibilidad) ante un estímulo proveniente del exterior. Anatómicamente, esta red se encuentra asociada con el tálamo, así como con regiones de la corteza frontal y parietal (Fan et al., 2002). La red de orientación prioriza la entrada sensorial mediante la selección de una modalidad o ubicación, i.e., dirige la atención hacia el origen de las señales sensoriales procedentes del exterior. El sistema de orientación para los estímulos visuales se encuentra asociado con áreas cerebrales posteriores, incluyendo el lóbulo parietal superior, la unión temporo-parietal, y los campos visuales frontales (Corbetta & Shulman, 2002). La red de control ejecutivo se refiere al conjunto de procesos involucrados en la detección y resolución de conflicto durante el procesamiento de la información, regularmente cuando los procesos mentales entran en competencia (Bush et al., 2000); esta red activa áreas frontales de la línea media (cíngulo anterior) y la corteza lateral prefrontal (Botvinick et al. 2001; Fan et al., 2005).

Esta teoría propone que las funciones atencionales sirven al CC para reducir la incertidumbre en los planos temporal y espacial, así como en el procesamiento y la respuesta: la alerta aumenta la previsibilidad a nivel temporal de la próxima información que se va a procesar, la orientación selecciona la información más relevante e importante que requiere ser procesada y el control ejecutivo actúa para sesgar el proceso relevante de la tarea, en las etapas de procesamiento y respuesta, es decir, cuando hay competencia entre procesos. A diferencia del control ejecutivo, la orientación actúa en la etapa de entrada para filtrar o atenuar la información irrelevante de la tarea.

Debido al límite en la cantidad de información que puede alcanzar la conciencia focalizada (Posner & Fan, 2008) el CC se implementa, al menos en parte, a través de funciones de atención integradoras que priorizan la información que debe procesarse. En este sentido, el CC surge de las funciones atencionales y de sus interacciones, influyendo en el procesamiento de la información que accede a la conciencia, así como en las respuestas.

El control cognitivo se evalúa con tareas que provocan conflicto y reducen la incertidumbre.

Conductualmente, el CC es estudiado utilizando tareas donde existe un conflicto inherente provocado por los estímulos o las respuestas; por ejemplo, en la tarea de Stroop² (MacLeod, 1991; Stroop, 1935) y en las tareas de flancos³ (Eriksen & Eriksen, 1974; Fan et al., 2002). En este tipo de tareas, se compara la ejecución en una situación en la que la dimensión distractora es congruente o evoca respuestas compatibles con una dimensión relevante. Normalmente, las personas son más rápidas y precisas en los ensayos compatibles que en los incompatibles, por lo que para asegurar una respuesta correcta en los ensayos incompatibles, se pondrían en marcha procesos de control que resolverían el conflicto (e.g. Funes & Lupiáñez, 2003).

La magnitud del efecto de este conflicto está indicada por la diferencia en la precisión y el tiempo de reacción entre condiciones con o sin dimensiones de estímulos competitivos (Fan, 2014). Es decir, cuando una persona se enfrenta a una tarea en la que debe detectar un objetivo entre un conjunto de elementos parecidos, cometerá más errores y tardará más en responder (Eriksen & Eriksen, 1974). También la presencia de conflicto en una tarea incrementa la incertidumbre al responder, la cual aumenta mientras más estímulos se deben procesar y se refleja en mayores tasas de error, así como en tiempos de respuesta más largos. La diferencia entre condiciones (conflicto o sin conflicto), generalmente atribuida a la carga cognitiva o al conflicto, puede explicarse como producto de la incertidumbre (Fan et al., 2007; Pardo et al., 1990).

Por ejemplo, en la tarea de Stroop el color y el significado de la palabra se procesan simultáneamente y compiten entre sí para ser la respuesta potencial. Las funciones de atención juegan un papel en la resolución del conflicto al sesgar el proceso de denominación de colores e inhibir la respuesta competitiva. Es decir, la persona debe responder priorizando un proceso menos automatizado (denominación) y suprimiendo un proceso más automatizado (lectura).

En las tareas de flancos, debido a que la orientación no puede filtrar o atenuar los flancos de forma eficiente (e.g. los flanqueadores pueden procesarse como objetivo y los flancos incongruentes y el

² Ante una lista de palabras que son nombres de colores y se encuentran escritas con una tinta de un color distinto las personas deben responder denominando el color de la tinta sin tomar en cuenta el nombre del color, es decir, la palabra (Bush et al., 2000).

³ En el bloque de control ejecutivo incluido en el *Test de Redes Atencionales* (Fan et al., 2002), el objetivo principal es identificar de forma rápida y precisa la dirección de una flecha central, la cual se encuentra rodeada por otras flechas que pueden apuntar en dirección contraria (conflicto) o en la misma dirección (sin conflicto) de la flecha central. En otras palabras, la persona debe identificar la dirección de un estímulo central e ignorar el resto de los estímulos que lo acompañan.

objetivo compiten por la respuesta), el control ejecutivo tendría que resolver este conflicto interactuando con la función de orientación, para enfocar el procesamiento en la dimensión relevante de la tarea o en la ubicación objetivo. El objetivo del CC es, por tanto, priorizar el procesamiento de la información de entrada específica para minimizar la incertidumbre.

De acuerdo con Mackie, et al. (2013), todos estos modelos limitan la aplicación o definición del constructo a funciones individuales específicas, sin considerar los procesos subyacentes. Además, los modelos existentes basados en tareas no logran capturar la naturaleza amplia del CC, por lo que para llegar a una descripción satisfactoria es necesario un análisis en el cual se utilicen tareas que puedan aprovechar este constructo integrador. Como ya se ha mencionado, el CC es necesario para procesar conflictos, i.e., un tipo especial de incertidumbre (Hirsh et al., 2012; Mushtaq et al., 2011). La incertidumbre cuantificable presente en condiciones de conflicto tiene un rango limitado; para manipular esta incertidumbre sin el conflicto *per se*, estudios recientes han recurrido a la *Majority Function Task* (MFT; Fan et al., 2008). En esta tarea se requiere del CC pero no para procesar conflictos sino para reducir la incertidumbre (en varios niveles) durante la toma de decisiones, controlando qué información llega a la conciencia focalizada; en tales circunstancias, se requiere una cantidad considerable de cálculos para generar respuestas precisas.

Por ejemplo, al procesar información en presencia de distractores irrelevantes para realizar una tarea específica, las personas deben filtrar activamente la información que distrae o inhibir las respuestas competitivas para implementar con precisión una respuesta; el desempeño eficiente en estas tareas se debe a la flexibilidad mental que permite el CC. A medida que aumenta los distractores o el número de posibles respuestas, también aumenta la incertidumbre. En este tipo de tareas, el CC de cada participante podría estimarse en función de la relación entre la carga cognitiva y la precisión de sus respuestas aprovechando la capacidad de los participantes para seleccionar y priorizar simultáneamente entradas visuales que son relevantes para el comportamiento y para coordinar operaciones mentales bajo incertidumbre (Chen, 2019).

El control cognitivo coordina sus operaciones apoyado de una red a gran escala.

En el ámbito de las neurociencias, la neuroimagen y la electrofisiología han permitido conocer la anatomía y el funcionamiento del sistema nervioso; la mayoría de los estudios que utilizan estas técnicas, miden las variables que se relacionan con el procesamiento cognitivo, ya que proporcionan información sobre su integridad o la existencia de alteraciones. Básicamente su utilidad radica en que el procesamiento cognitivo depende del funcionamiento de circuitos nerviosos, y en consecuencia, tanto los indicadores

fisiológicos como la anatomía de las estructuras vinculadas con este funcionamiento reflejarían de alguna manera el procesamiento cognitivo (e.g. Villuendas & Gudayol, 2017).

El desarrollo de todas estas técnicas ha permitido estudiar las redes cerebrales que subyacen al CC en diferentes niveles de análisis: desde el nivel microscópico, que explora el funcionamiento de los ensamblajes neurales, hasta las redes neuronales macroscópicas y su interacción. Diversas investigaciones sugieren que la actividad del CC se implementa en conjuntos de regiones o redes, donde cada área realiza cálculos específicos (Posner & Petersen, 1990).

En esta línea, el CC coordinaría sus operaciones mentales con ayuda de una red a gran escala denominada red de control cognitivo (RCC). Esta red está compuesta por tres subredes: 1) la *red frontoparietal* (RFP), que incluye el campo ocular frontal y suplementario, la circunvolución frontal media, las áreas cercanas del surco intraparietal y el lóbulo parietal superior (Corbetta, 1998; Fan et al., 2014); 2) la *red cíngulo-opercular* (RCO), integrada por la corteza cíngulada anterior (CCA) y la corteza insular anterior (CIA) (Dosenbach et al., 2007; Dosenbach et al., 2008); y 3) *estructuras subcorticales*, incluidos el tálamo y los ganglios basales (Fan et al., 2014; Koziol, 2014; Rossi et al., 2009).

Después de cuantificar la incertidumbre bajo diferentes condiciones en una serie de tareas utilizadas para estudiar CC, las diferencias encontradas en la precisión y tiempo de respuesta se atribuyeron a cambios en la incertidumbre entre las distintas condiciones de estas tareas, así como en la actividad de la CCA (Fan, 2014): porción anterior del giro cíngulado que se encuentra alrededor del *genu* y del tercio anterior del cuerpo caloso; por lo general se considera un campo neocortical límbico frontal y está conectado con las cortezas prefrontal y parietal, la corteza motora primaria y los campos oculares frontales (COF).

También recibe aportaciones sustanciales de los núcleos talámicos de la línea media e intralaminares, así como de la amígdala (Vogt & Pandya, 1987): todos los eferentes y aferentes hacia y desde la CCA viajan a través del paquete *cingulum* (Vogt & Gabriel, 1993). Junto con otras áreas límbicas y neocorticales como la CIA, las estructuras de los ganglios basales, las regiones frontoparietales (incluidas las cortezas prefrontal y parietal) y la CCA son cruciales en distintos procesos: sensación, percepción, control ejecutivo de la atención (Posner & Petersen, 1990), emoción, cognición social, además de la selección, preparación y ejecución de respuestas (Frith et al., 1991; Paus et al., 1993).

Memoria de Trabajo

La memoria de trabajo (MT) es un proceso psicológico que nos permite almacenar (temporalmente) y manipular la información necesaria para desempeñarnos en tareas cognitivas complejas: comprensión, aprendizaje y razonamiento del lenguaje (Baddeley, 1986). Una de las primeras conceptualizaciones MT fue la realizada por Miller et al. (1960) en el libro: *Plans and the Structure of Behavior*. En él, estos autores describieron a la MT como una especie de acceso rápido que utilizan las personas para la ejecución de *planes*; dado que es posible tener varios planes (o un plan con varias partes) almacenados en la MT al mismo tiempo, muchas veces este plan es interrumpido por los requisitos de otro plan; en estos casos, las personas deberían ser capaces de reanudar su ejecución cuando surja la oportunidad.

Poco después, Pribram et al. (1964) postularon que la corteza prefrontal (CPF) forma parte de la maquinaria neural que apoya el funcionamiento de la MT: lo hicieron sobre la base de los déficits que se sabía producían las lesiones de CPF en varias pruebas que imponían un retraso entre el estímulo objetivo y la respuesta posterior relacionada con el objetivo (o, en el caso de alternancia retardada, entre la ejecución de una acción y la ejecución de una acción posterior que dependía de la primera).

Sin embargo, en el campo de la neurociencia cognitiva, los primeros años de estudio de la MT se fundamentaron en el *modelo multicomponente* introducido en 1974 por los psicólogos experimentales Alan David Baddeley y Graham Hitch. Las aportaciones de esta teoría incluyeron dos aspectos fundamentales: 1) las operaciones mentales conscientes pueden llevarse a cabo independientemente de su interacción o influencia sobre la memoria a largo plazo (MLP), y 2) el desempeño en tareas dobles puede acercarse a los niveles de desempeño de una sola tarea, siempre y cuando ambas tareas involucren diferentes dominios de información, específicamente verbal y visuoespacial. Basándose en estos hallazgos, Baddeley y Hitch diseñaron su modelo original incluyendo dos buffers de memoria a corto plazo (MCP): *bucle fonológico* y *agenda visuo-espacial*. Estos componentes podrían funcionar separados e independientes de la MLP, aunque bajo el control de un sistema denominado *ejecutivo central* (Baddeley, 1986).

A pesar de la importancia del *modelo multicomponente*, actualmente los llamados *modelos basados en el estado* han adquirido relevancia debido a que logran adaptarse a los datos neuronales donde se incluyen los análisis de patrones multivariantes. Estos modelos asumen que la asignación

de atención a las representaciones internas subyace a la retención a corto plazo de información en la MT. Es decir, la información que se mantiene en la MT existe gracias a uno de varios estados de activación establecidos por la atención (D'Esposito & Postle, 2015).

En una revisión realizada por D'Esposito y Postle (2015), estos modelos pueden agruparse en dos categorías: modelos de MLP activada y modelos de reclutamiento sensoriomotor. Ambos tipos de modelos se basan en la idea de que las representaciones mentales llevadas a la MT son producto de la atención, quien prioriza y selecciona los estímulos en función de los límites de su capacidad, de la interferencia proactiva de elementos que ya no son relevantes, entre otros; la principal diferencia entre ellos parece ser simplemente la clase de estímulos para los que se ha propuesto cada uno. Los modelos de MLP activada han sido articulados y probados con estímulos semánticos (e.g. letras, palabras, dígitos), mientras que los modelos de reclutamiento sensoriomotor se diseñaron con estímulos considerados perceptuales (e.g. colores y orientaciones visuales, tonos auditivos, frecuencias vibratorias táctiles).

La memoria de trabajo requiere de un componente ejecutivo y de tres sistemas de almacenamiento.

De acuerdo con el modelo inicial desarrollado por Baddeley y Hitch (1974), el término memoria de trabajo (MT) se originó a partir de la definición de memoria a corto plazo (MCP) pero con una diferencia fundamental: la MCP se refiere al almacenamiento temporal de la información (i.e. un proceso más simple y de capacidad limitada), mientras que la MT implica la combinación de almacenamiento y manipulación necesaria para realizar una amplia variedad de tareas cognitivas. Para estudiar esta diferencia, hace más de 40 años se reclutaron estudiantes voluntarios quienes resolvieron una tarea simultánea (recordar secuencias de números presentados de forma verbal) que ocuparía de la MCP en diferentes grados. La lógica en este tipo de tareas es que los dígitos deben ocupar más capacidad disponible a medida que aumenta la longitud de la secuencia y, en consecuencia, el rendimiento debería verse afectado progresivamente. Con estos resultados se abandonó la idea de que la MT comprendía un único sistema y, por el contrario, se concluyó que su funcionamiento dependía de los tres componentes que se muestran en la figura 1 (Baddeley & Hitch 1974).

Los supuestos centrales que los autores plantearon sobre esta teoría fueron: 1) postular un sistema hipotético de capacidad limitada que proporciona el almacenamiento temporal y la manipulación de la información necesaria para realizar una amplia gama de actividades cognitivas, 2) este sistema no es unitario, sino que puede dividirse en un componente ejecutivo y al menos dos

sistemas de almacenamiento temporal (*sistemas esclavos*): uno relacionado con el habla y el sonido, y otro visuo-espacial. Estos tres componentes podrían considerarse módulos en el sentido de que comprenden procesos y sistemas de almacenamiento enlazados dentro de un mismo módulo, con conexiones algo más remotas a otros sistemas como la percepción y la MLP (Baddeley, 2012).

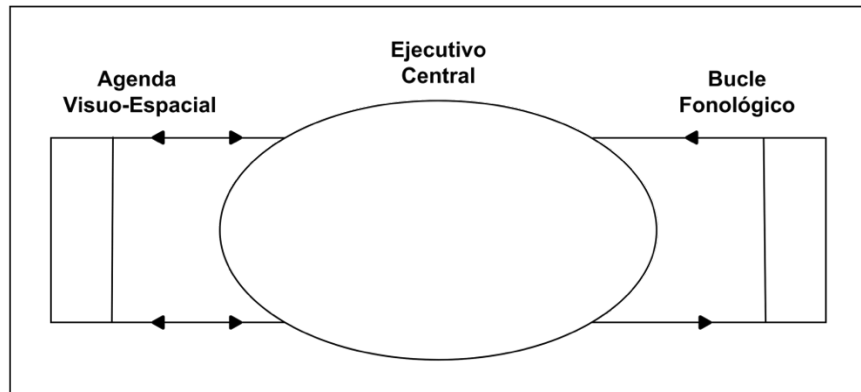


Figura 1 Modelo original de memoria de trabajo propuesto por Baddeley & Hitch (adaptada de Baddeley & Hitch, 1974).

Bucle Fonológico

El bucle fonológico (*phonological loop*) es un sistema modular de almacenamiento breve que permite mantener la información verbal mediante un ensayo vocal o subvocal (repetición articulada). A pesar de que el ensayo impide que dicha información se desvanezca, su capacidad es limitada: por ejemplo, si se presentara de forma verbal una serie de números y posteriormente se pidiera a los participantes que recordaran el orden exacto en que fueron presentados, es muy probable que antes de procesar el último dígito el primero ya se haya desvanecido (Baddeley, 2012). Los límites en el funcionamiento de este componente han sido objeto de múltiples estudios; los resultados de estas investigaciones señalan algunas formas de interferencia no específica: por desplazamiento o por sobrescritura. Dada su importancia teórica y práctica, estos efectos se describirán brevemente a continuación.

Similitud fonológica

Este efecto se refiere a la dificultad que representa recordar ítems fonológicamente parecidos: la serie de letras B-V-C-G será peor recordada que la serie de letras F-Y-W-R (Baddeley, 1966; Conrad & Hull, 1964). Algunos estudios explican que este fenómeno se debe al carácter fonológico de la información, la cual probablemente se confunde durante el proceso de retención o en la recuperación (Baddeley, 1996a); aunque otros estudios muestran que la similitud fonológica ejerce un efecto negativo en la etapa de codificación (Lewandowsky & Farrell, 2008).

Longitud de la palabra

Debido a que el repaso articulatorio ocurre en tiempo real, las palabras largas necesitan ensayarse más; esto da como resultado una mayor degradación de los rastros y una memoria más pobre. Por ejemplo: si se estudia el recuerdo inmediato de secuencias de cinco palabras que varían en longitud (de una a cinco sílabas), es posible que el rendimiento disminuya sistemáticamente de acuerdo con la longitud de la palabra (Baddeley, 2012). En otras palabras, las personas son capaces de recordar tantas palabras como puedan articular en dos segundos (Baddeley et al., 1975).

Supresión articulatoria

Es un proceso utilizado para interferir el bucle fonológico impidiendo el repaso articulatorio y previniendo la codificación fonológica cuando los ítems se presentan visualmente. En estos estudios los participantes deben ejecutar una tarea doble: repetir en voz alta material verbal irrelevante mientras realizan una tarea de MT, lo cual ocasiona una disminución en el rendimiento en este tipo de tareas (Baddeley, 2012).

Sonidos irrelevantes

Se refiere a la interferencia que se produce cuando se presentan de forma auditiva palabras irrelevantes o sílabas sin sentido durante la ejecución de una tarea. Como estos elementos también acceden al almacén fonológico de forma automática, contribuyen a un peor desempeño en este tipo de pruebas (Colle & Welsh, 1976; Salamé & Baddeley, 1982; Salamé & Baddeley, 1986). Sin embargo, los años que siguieron Jones y Macken (1993) señalaron que tanto los dígitos como los sonidos irrelevantes, se presentan como caminos potencialmente en competencia en una superficie multidimensional (Baddeley, 2012).

Conservación del orden en serie

Por lo general, una persona es capaz de recordar únicamente seis o siete dígitos no porque olviden los dígitos en sí, sino porque pierden su orden (Baddeley, 2012). Mantener el orden en serie es una demanda crucial para una amplia gama de actividades: en procesos psicológicos como el lenguaje es importante mantener las secuencias de sonidos dentro de las palabras y las palabras dentro de las oraciones, y también para el rendimiento motor experto (e.g. golpear la pelota con un bate o tocar el piano); esto se logra, tal como lo describe Lashley (1951), a través del encadenamiento (asociaciones secuenciales).

Si se perdiera algún elemento la cadena se rompería y la recuperación posterior debería fallar, aunque esto no siempre ocurre: a pesar de los errores a mitad de una secuencia, la última parte suele reproducirse correctamente. De forma similar, si se repitiera un elemento dentro de la misma cadena

(e.g. 753596) entonces la cadena también debería romperse, no obstante cuando esto ocurre, los efectos están lejos de ser graves.

Después de analizar la función del bucle fonológico en pacientes con déficits específicos en la MCP y en niños con deterioro del lenguaje, Baddeley explicó que este componente es necesario para la adquisición de nuevos aprendizajes (e.g. aprender vocabulario nuevo), lo cual implica un vínculo directo entre el bucle y la MLP: la información del bucle fluye a la MLP y viceversa (Baddeley et al., 1988; Baddeley et al., 1998). Estas investigaciones lo llevaron a realizar una distinción crucial entre la MT representada por una serie de sistemas fluidos que solo requieren una activación temporal y la MLP que representa habilidades y conocimientos cristalizados permanentes (Baddeley, 2000).

Agenda Visuo-Espacial

La agenda visuo-espacial (*visuo-spatial sketchpad*) es el segundo sistema modular del *modelo multicomponente*. Está implicada en el mantenimiento temporal, así como en la manipulación de la información visual y espacial: el término *visual* hace referencia a propiedades físicas de los estímulos (e.g. forma, color o brillo) y su representación en la MT implica la retención de formaciones visuales estáticas que incorporan propiedades geométricas de los objetos o la relación de las partes de un objeto (Logie, 1995). Por otro lado, el término *espacial* tiene que ver con la localización de los estímulos en el espacio, las relaciones geométricas entre ellos, así como los movimientos a través del espacio de un estímulo a otro (i.e. posiciones y movimientos).

Por ejemplo, imagina que te encuentras en una nueva ciudad y te dan indicaciones para llegar a un lugar específico. Mientras caminas, necesitas recordar la disposición espacial de las calles, edificios y puntos de referencia; la agenda visuo-espacial te ayuda a mantener y manipular mentalmente esta información visual y espacial, permitiéndote avanzar con éxito hacia tu destino. Durante el trayecto, es posible que necesites recordar detalles visuales como el color de un edificio o la forma de una señal de tráfico, así como la dirección en la que debes girar en una intersección. La agenda visuo-espacial, te permite mantener todas estas representaciones mentales mientras te desplazas, facilitando así tu capacidad para recordar y utilizar la información visual y espacial necesaria para llegar a tu destino.

Ejecutivo Central

El ejecutivo central (*central executive*) es el componente más complejo de la MT. En el modelo inicial propuesto por Baddeley (1974), se describe como un componente capaz de realizar todas las cosas inteligentes que estaban fuera de la competencia de los otros dos sistemas. Baddeley (1996a) propuso al menos cuatro funciones de este componente: enfocar y dividir la atención entre dos

objetivos importantes o flujos de estímulos, cambio de tareas y capacidad para interactuar con la MLP; esta última función asignada a este componente, en la que se requiere combinar almacenamiento y procesamiento, han demostrado ser exitosas en la predicción del desempeño de tareas cognitivas.

Pese a la importancia práctica que hasta entonces tenía el modelo de MT, en los años que siguieron Baddeley propuso integrar un cuarto elemento a su modelo multicomponente: *buffer episódico*; este componente funcionaría como un almacenamiento potencial y no se limitaría a las capacidades de la agenda visuo-espacial y del bucle fonológico, tal como puede observarse en la figura 2.

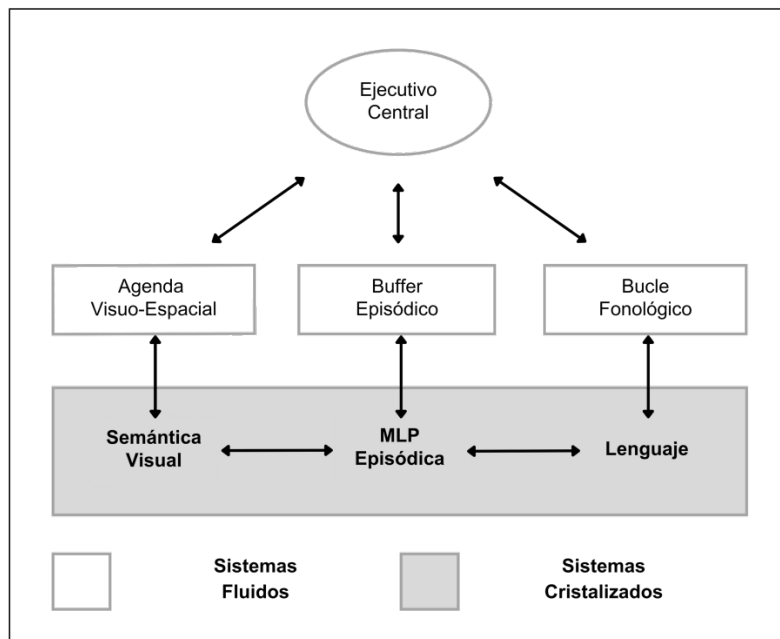


Figura 2. Modelo de MT que incorpora a un cuarto componente: buffer episódico (adaptada de Baddeley, 2000).

Buffer Episódico

Las características del buffer episódico (*episodic buffer*) están indicadas por su nombre: contiene episodios o fragmentos integrados en un código multidimensional. Es decir, actúa como un almacén intermedio entre los componentes de la MT, y también vincula la MT con la percepción y la MLP (Baddeley, 2012).

Hoy se sabe que la MT representa un sistema de control con límites en sus capacidades y no funciona de forma unitaria, sino que requiere de un componente ejecutivo y de al menos tres sistemas de almacenamiento temporal: visual, auditivo y visuoespacial (Baddeley, 2012); su importancia teórica se debe a la flexibilidad de su marco teórico que permite predicciones

específicas, en su capacidad para explicar los datos existentes, así como en su productividad para generar preguntas vinculadas a métodos empíricos que pueden ser ampliamente aplicados.

De forma general, se podría argumentar que los modelos explicativos actuales sobre MT fueron precedidos por la característica central del *modelo multicomponente* de Baddeley y Hitch (1974), en el cual se señala una importante distinción entre la representación de estímulos y el control de la conducta. La interpretación de Baddeley sobre el ejecutivo central es similar a la realizada por Shallice (1982) sobre el sistema de atención supervisor, es decir, la de un sistema de control que no estaba en ningún sentido especializado o dedicado a las operaciones de la MT, pero que podía manipular el contenido del almacenamiento de la MT para guiar el comportamiento de manera más efectiva: CPF, ganglios basales, tálamo y tronco encefálico pueden interpretarse como un sustrato neural para este ejecutivo central (D'Esposito, 2015).

En este sentido, la MT mantendría una estrecha relación con el CC al compartir este componente. Por ejemplo, la corteza frontal (CF) sigue siendo un área principal de atención en los intentos de descubrir los mecanismos neuronales que apoyan los procesos componentes necesarios para el CC; está organizada jerárquicamente y proporciona señales que dirigen el comportamiento a los objetivos y demandas del ambiente. Además, los sistemas neuromoduladores del tronco encefálico ascendente, como el sistema dopaminérgico, probablemente influyan en la mayoría de los procesos cognitivos mencionados anteriormente (D'Esposito, 2015).

Los mecanismos neuronales de la memoria de trabajo influyen en el control de la conducta.

La memoria de trabajo (MT) es un proceso cognitivo que respalda el logro exitoso de las metas de comportamiento dependientes de distintos sistemas neuronales (e.g. sensoriales, memoria semántica y episódica, motores, etcétera); los mecanismos que la subyacen son numerosos y la mayoría operan en paralelo (e.g. D'Esposito & Postle, 2015). Diversos estudios han encontrado relación entre la ejecución de tareas de MT y cambios en la actividad de diferentes estructuras cerebrales, especialmente en la corteza prefrontal (CPF), a la que se atribuye el mantenimiento de representaciones críticas que guían el comportamiento (Funahashi et al., 1989; Fuster & Alexander, 1971). Pero ¿cómo se almacenan y mantienen estas representaciones en la CPF necesarias para dirigir el comportamiento?

En el 2003, Koechlin et al. propusieron que la corteza frontal (CF) podría estar organizada de manera jerárquica para guiar el comportamiento hacia objetivos específicos: utilizando imagen por resonancia magnética funcional (fMRI) observaron el progreso de las regiones (*caudal a rostral*) de

la CF a medida que la información contextual necesaria para emitir una respuesta era más abstracta y necesitaba estar disponible durante un intervalo temporal más largo.

Para ampliar estos hallazgos con respecto al *gradiente funcional rostral-caudal*, Badre y D'Esposito (2007) estudiaron una idea alternativa en la que propusieron que este gradiente se deriva de una jerarquía clasificada por la abstracción de la representación. A medida que las representaciones eran más abstractas, la activación dentro de la CF avanzaba anteriormente (o rostralmente); esta progresión de la activación (de posterior a anterior) se debía a dos factores principales: 1) nivel de complejidad de la tarea, y 2) variaciones en la dificultad dentro de la propia tarea. Estos resultados sugieren que las regiones de la CPF pueden diferenciarse de acuerdo con el nivel de abstracción en el que las representaciones en competencia deben seleccionarse (D'Esposito & Postle, 2015).

La CPF funciona como una fuente de señales descendentes que pueden influir en el procesamiento de otras regiones corticales y subcorticales (Braver et al., 2008; Duncan, 2001; Fuster, 2008; Shallice, 1982). Un tipo de señal descendente de la CPF seguramente proporciona retroalimentación directa a las regiones corticales posteriores que procesan la entrada sensorial entrante de una modalidad particular (e.g. visual o auditiva). Por ejemplo, cuando una persona está observando a una multitud de personas, la escena visual presentada a la retina podría incluir una amplia gama de información visual. No obstante, si está buscando a un amigo, debería existir algún mecanismo *top-down* (de arriba hacia abajo) que le permita suprimir la información visual irrelevante mientras mejora la información relevante para cumplir eficientemente con el objetivo de la tarea; de esta manera, el mantenimiento y la representación del objetivo (encontrar al amigo) por parte de la CPF sirven como señales de sesgo (D'Esposito & Postle, 2015).

Otro mecanismo crítico para la MT es la sincronización de la actividad entre las regiones distribuidas del cerebro. Por ejemplo, se ha reportado conectividad funcional significativa entre distintas cortezas de asociación de orden superior y las regiones sensoriales posteriores para facilitar el mantenimiento activo de una percepción sensorial (Fiebach et al., 2006; Gazzaley et al., 2004); esta actividad sincronizada distribuida podría ocurrir a través de dos mecanismos: reverberaciones sinápticas en circuitos recurrentes (Durstewitz et al., 2000; Wang, 1999) o por oscilaciones sincrónicas entre poblaciones neuronales (Buzsáki & Draguhn, 2004; Fries, 2005; Singer, 2009).

A pesar de que la investigación actual se ha enriquecido con el desarrollo de tecnologías que permiten el estudio de distintas bases neuronales, teóricamente la mayoría de estos modelos han sido fuertemente influidos por dos características centrales del modelo multimodal propuesto por Baddeley y Hitch (1974): 1) representación de estímulos, y 2) el control de la conducta con esas representaciones (D'Esposito & Postle, 2015).

Planteamiento del problema

El estudio sobre el control cognitivo (CC) y la memoria de trabajo (MT) se ha centrado en analizar el papel que juegan ambos constructos en el control de la conducta. Incluso, un estudio de publicación relativamente reciente evidencia esta relación estimando la capacidad de control cognitivo (CCC) que tienen las personas y cómo esta capacidad se relaciona con la precisión para resolver distintas tareas de MT. El argumento principal en dicho estudio es que los dos constructos (CC y MT) comparten al ejecutivo central (EC), lo cual posiblemente explica sus hallazgos.

Si bien es cierto que teórica y conductualmente esta relación ya ha sido estudiada, la importancia de la presente investigación radica en el uso de tareas para evaluar MT con distintas cargas de EC (e.g. menor para las tareas de retención directa, mayor para las tareas de retención indirecta) que no se ha hecho previamente. Un análisis del patrón de correlaciones que obtengamos entre la CCC y las distintas tareas de MT nos permitirá conocer un poco mejor cómo interactúan ambos constructos.

Además, la mayoría de los estudios conductuales que miden CC suelen utilizar tareas que limitan la aplicación o definición del constructo a funciones individuales específicas (e.g. inhibición), sin considerar sus procesos subyacentes (Mackie, et al., 2013): por ejemplo, reducción de la incertidumbre y participación de los procesos atencionales. Como ya se ha mencionado, el CC es necesario para procesar conflictos, i.e. un tipo especial de incertidumbre (Hirsh et al., 2012; Mushtaq et al., 2011). Esta incertidumbre, comúnmente presente en condiciones que generan conflicto, tiene un rango limitado y se puede cuantificar; para manipular esta incertidumbre sin el conflicto *per se*, se podría utilizar eficientemente la *Majority Function Task* (MFT; Fan et al., 2008).

La MFT requiere del CC pero no para procesar conflictos sino para reducir la incertidumbre, controlando qué información llega a la conciencia: realizar una tarea específica en presencia de distractores, implica que las personas filtren activamente la información que distrae o inhiban las respuestas competitivas para responder de forma precisa; el desempeño eficiente en estas tareas se debe a la flexibilidad mental que permite el CC. Sin embargo, a medida que aumentan los distractores o el número de posibles respuestas, también aumenta la incertidumbre.

Este estudio busca estimar la CCC de cada participante en función de la relación entre la carga cognitiva y la precisión de sus respuestas durante su desempeño en la MFT. Tal como lo explican Chen et al. (2019), aprovecharemos la capacidad de los participantes para seleccionar y priorizar

simultáneamente entradas visuales que son relevantes para el comportamiento y para coordinar operaciones mentales bajo incertidumbre.

A diferencia otras formas para evaluar CC, nuestra investigación se enfoca en estimar la CCC utilizando una tarea que toma en cuenta distintas funciones que las personas suelen poner en marcha para reducir la incertidumbre; esta capacidad serviría para predecir el desempeño de los participantes en tareas de MT con cargas de EC en diferentes grados.

Es importante mencionar que estudios de este tipo, aun utilizando herramientas de evaluación conductual, podrían contribuir teóricamente en la comprensión de los mecanismos que subyacen al control de la conducta y a otros procesos más complejos como la inteligencia. En cuanto a la práctica clínica, la MFT podría considerarse como una tarea apropiada para la estimación de la CCC en distintas personas, sobre todo en aquellas en las que se sabe que esta función cognitiva se encuentra comprometida (e.g. autismo, síndrome disejecutivo dorsolateral).

Definiciones conceptuales y operacionales

Definición conceptual: control cognitivo (CC)

Proceso que coordina las operaciones mentales en condiciones de incertidumbre a niveles perceptuales o superiores para que se puedan tomar decisiones (Fan, 2014).

Definición operacional: capacidad de control cognitivo (CCC)

Tasa máxima de información que se puede procesar de manera confiable, la cual se obtiene a través de la aplicación de la *backward majority function task-masked* (MFT-M) midiendo precisión y tiempo de respuesta.

Definición conceptual: memoria de trabajo (MT)

Sistema cerebral que proporciona almacenamiento temporal y manipulación de la información (Baddeley, 1986). Requiere de un componente ejecutivo y de tres sistemas de almacenamiento temporal: visual, auditivo y visuo-espacial.

Definiciones operacionales: memoria de trabajo (MT)

Puntuación de carga *todo o nada* [(ANL); *all-or-nothing load scoring*] obtenida en las *tareas de intervalo complejo de MT*: se calcula como la relación entre la suma de los elementos recuperados correctamente (orden correcta de la serie) y la cantidad total de elementos que deben recuperarse en la tarea. Por lo tanto, a mayor puntuación ANL mayor capacidad de memoria de trabajo (CMT).

Capacidad para retener información verbal de forma temporal; se mide con la puntuación total obtenida en la subprueba del NEUROPSI: retención de dígitos en progresión, a partir de los elementos verbales que se logren recuperar.

Capacidad para retener información verbal de forma temporal, así como de manipular esta información; se mide con la puntuación total obtenida en la subprueba del NEUROPSI: retención de dígitos en regresión, a partir de los elementos verbales que se logren recuperar y manipular.

Capacidad para retener información visual de forma temporal; se mide con la puntuación total obtenida en la subprueba del NEUROPSI: cubos en progresión, a partir de los elementos visuales que se logren recuperar.

Capacidad para retener información visual de forma temporal, así como de manipular esta información; se mide con la puntuación total obtenida en la subprueba del NEUROPSI: cubos en regresión, a partir de los elementos visuales que se logren recuperar y manipular.

Objetivos

General

Analizar la relación entre la CCC y la eficiencia en la resolución de distintas tareas de MT.

Específicos

1. Analizar la relación entre la CCC y las tareas de dígitos.
2. Analizar la relación entre la CCC y las tareas de cubos.
3. Analizar la relación entre la CCC y las *tareas de intervalo complejo de MT*.

Preguntas de investigación e hipótesis

A partir de los objetivos arriba mencionados, se consideran las siguientes preguntas que servirán como guía durante todo el proyecto de investigación.

1. ¿Existe relación entre el control cognitivo y la resolución de la tarea de dígitos?

H0. La precisión y tiempo de respuesta de la tarea de control cognitivo tendrán una menor relación con la puntuación total de la tarea de dígitos en regresión que con la tarea de dígitos en progresión.

H1. La precisión y tiempo de respuesta de la tarea de control cognitivo tendrán una mayor o igual relación con la puntuación total de la tarea de dígitos en regresión que con la tarea de dígitos en progresión.

2. ¿Existe relación entre el control cognitivo y la resolución de la tarea de cubos?

H0. La precisión y tiempo de respuesta de la tarea de control cognitivo tendrán una menor relación con la puntuación total de la tarea de cubos en regresión que con la tarea de cubos en progresión.

H1. La precisión y tiempo de respuesta de la tarea de control cognitivo tendrán una mayor o igual relación con la puntuación total de la tarea de cubos en regresión que con la tarea de cubos en progresión.

3. ¿Existe relación entre el control cognitivo y la resolución de las *tareas de intervalo complejo de MT*?

H0. La precisión y tiempo de respuesta de la tarea de control cognitivo no se relacionarán con la puntuación total de las *tareas de intervalo complejo de MT*.

H1. La precisión y tiempo de respuesta de la tarea de control cognitivo se relacionarán con la puntuación total de las *tareas de intervalo complejo de MT*.

Métodos

Participantes

40 estudiantes de la Facultad de Psicología que participaron de forma voluntaria en el estudio a cambio de créditos académicos. Todos los participantes fueron reclutados a través de una invitación enviada a su correo electrónico o vía WhatsApp y seleccionados de manera intencionada (ver tabla 1). 13 participantes se excluyeron de los análisis posteriores por las siguientes razones: 1) cociente intelectual (CI) inferior a 90 (5 participantes), 2) antecedentes de patología neurológica, psiquiátrica o neuroquirúrgica (6 participantes) y 3) baja precisión (<80%) en la MFT-M (2 participantes). El tamaño final de la muestra fue de 27 participantes [22 mujeres (81%); edad: 18-37 años; edad media: 20.4 años; DE = 3.43].

Tabla 1. Criterios para la selección de participantes

Inclusión: <ul style="list-style-type: none">▪ Edad entre 18 y 40 años▪ Ser estudiante en activo de la UMSNH▪ Vista normal o corregida
Exclusión: <ul style="list-style-type: none">▪ Cociente intelectual (CI) < 90▪ Presencia de sintomatología psiquiátrica: BDI \geq 16, BAI \geq 15 y CRAFFT \geq 3▪ Historial de dependencia o abuso de sustancias▪ Antecedentes de patología neurológica, psiquiátrica o neuroquirúrgica
Eliminación: <ul style="list-style-type: none">▪ No haber concluido alguna de las tareas experimentales▪ Baja precisión al responder en la MFT-M

Instrumentos

Para estimar el CI de los participantes se utilizaron dos subpruebas: vocabulario y diseño con cubos de la Escala Wechsler de Inteligencia para Adultos-IV (WAIS-IV), estandarizada y validada para población mexicana (Wechsler, 2008). Esta forma corta diádica está altamente correlacionada con las puntuaciones obtenidas en la Escala Completa del Cociente Intelectual (FSIQ: Full Scale

Intelligence Quotient) y en el Índice de Capacidad General (GAI: General Ability Index), de acuerdo con los datos reportados por Denney et al. (2015).

La presencia de sintomatología psiquiátrica (ansiedad, depresión y abuso de sustancias) se verificó con la aplicación en versión digital de los siguientes instrumentos: Inventario de Depresión de Beck (*Beck Depression Inventory* BDI; Beck et al., 1979), Inventario de Ansiedad de Beck (*Beck Anxiety Inventory* BAI; Beck et al., 1988) y CRAFFT (Knight et al., 2002), respectivamente. El resto de los criterios de selección se revisaron mediante la aplicación de una entrevista semiestructurada.

MT se midió con cuatro subpruebas del NEUROPSI. Atención y Memoria, estandarizada y validada para población mexicana (Ostrosky et al., 2012): retención de dígitos en progresión, retención de dígitos en regresión, cubos en progresión y cubos en regresión, y con tres *tareas de intervalo complejo de MT* (Foster et al., 2014). La CCC se evaluó con la *backward majority function task-masked* (MFT-M), en la versión de Chen et al. (2019).

Entrevista Semiestructurada

Es un formato de historia clínica en la que se registran algunos datos sociodemográficos, antecedentes de alteraciones del neurodesarrollo, patologías psiquiátricas y neurológicas, así como el historial de intervenciones neuroquirúrgicas de cada uno de los participantes. Esta entrevista tiene una duración aproximada de 10 minutos (la estructura de esta entrevista puede revisarse en el apéndice 4).

Forma corta diádica del WAIS-IV: vocabulario (VB) y diseño con cubos (DC)

VB es una subprueba principal de comprensión verbal y está diseñada para medir el conocimiento de las palabras y la formación de conceptos verbales; también mide: inteligencia cristalizada, base de conocimiento, capacidad de aprendizaje, memoria a largo plazo y grado de desarrollo del lenguaje. Contiene 30 reactivos: 3 ilustrados y 27 verbales. En los reactivos ilustrados, el participante nombra el objeto presentado visualmente; en los reactivos verbales, el participante define las palabras que se presentan tanto visual como verbalmente.

DC es una subprueba principal de razonamiento perceptual que mide la capacidad para analizar y sintetizar estímulos visuales abstractos; su resolución implica razonamiento y formación de conceptos no verbales, inteligencia visual amplia, inteligencia fluida, percepción y organización visual, procesamiento simultáneo, coordinación visual motriz, aprendizaje, así como capacidad para separar figura y fondo en los estímulos visuales. En esta subprueba el participante, que trabaja con un límite de tiempo, debe reproducir diferentes modelos o diseños de dos colores (rojo y blanco) mostrados en una libreta de estímulos; estos diseños progresan en dificultad desde los simples con

dos cubos a los más complejos con nueve cubos. Todos los cubos tienen dos caras blancas, dos caras rojas y dos caras mitad blancas y mitad rojas.

Ambas tareas (VB y DC) se resuelven en 20 minutos aproximadamente y para determinar el CI es necesario obtener las puntuaciones escalares de las subpruebas a partir de sus puntuaciones crudas, de acuerdo con la edad de cada participante. Se suman ambos puntajes y el resultado se multiplica por tres; por último, se suman 40 al puntaje final.

Inventario de Depresión de Beck (BDI)

El BDI es un instrumento de autoinforme diseñado para evaluar presencia de sintomatología depresiva como: tristeza, llanto, pérdida de placer, sentimientos de fracaso y de culpa, pensamientos o deseos de suicidio, pesimismo, entre otros. Contiene 21 ítems politómicos en los que el participante debe elegir, entre cuatro alternativas de respuesta ordenadas de menor a mayor gravedad de los síntomas, la frase que mejor describa su estado de ánimo en la última semana incluyendo el día en que se responde el instrumento (ver apéndice 1). Cada ítem se valora de 0 a 3 puntos en función de la alternativa elegida y, tras sumar directamente la puntuación de cada ítem se puede obtener una puntuación total que oscila entre 0 (puntuación mínima) y 63 (puntuación máxima).

En esta investigación se utilizó la versión adaptada del BDI-I para población mexicana (Jurado et al. 1998) y tiene niveles altos de consistencia interna para la población de interés ($\alpha = .898$), de acuerdo con los datos reportados por Padrós & Pintor-Sánchez (2021); se ajustó en formato digital, a través de la plataforma Formularios de Google, respetando completamente la redacción de los ítems así como el diseño utilizado en la versión estándar (lápiz y papel). La estructura en formato digital del instrumento no dificulta las respuestas de los participantes, y su formato es eficiente y consistente con la escala original. Su tiempo de aplicación es de 10 minutos aproximadamente.

Inventario de Ansiedad de Beck (BAI)

El BAI es un instrumento de autoinforme constituido por 21 ítems diseñado para evaluar presencia de síntomas ansiosa. Cada ítem presenta un signo o síntoma y el participante debe elegir, entre cuatro alternativas de respuesta ordenadas de menor a mayor gravedad de los síntomas (*Nada*, *Ligeramente*, *Moderadamente* y *Severamente*), la presencia de este en la última semana incluyendo el día en que se responde el instrumento (ver apéndice 2). Cada ítem se valora de 0 a 3 puntos en función de la alternativa elegida y, tras sumar directamente la puntuación de cada ítem se puede obtener una puntuación total que oscila entre 0 (puntuación mínima) y 63 (puntuación máxima).

Este instrumento está adaptado para población mexicana (Robles, et al., 2001) y tiene niveles altos de consistencia interna ($\alpha = .911$), de acuerdo con los datos reportados por Padrós et al. (2020);

se ajustó en formato digital, a través de la plataforma Formularios de Google, respetando completamente la redacción de los ítems así como el diseño utilizado en la versión estándar (lápiz y papel). La estructura en formato digital del instrumento no dificulta las respuestas de los participantes, y su formato es eficiente y consistente con las escalas originales. Su tiempo de aplicación es de 10 minutos aproximadamente.

CRAFFT

CARLOS/CRAFFT son acrónimos de seis palabras (versión en español: *Carro, Amigos, Relajarse, Líos, Olvidado, Solo*/versión en inglés: *Car, Relax, Alone, Forget, Friends, Trouble*) que aparecen dentro de las preguntas de diagnóstico del test. Es un instrumento de cribado que permite identificar adolescentes en riesgo de abuso de sustancias y contiene seis ítems (sección B: B1, B2, B3, B4, B5 y B6) aunque hay otros tres adicionales al principio a efecto de realizar una rápida tamización (sección A: A1, A2 y A3); ver apéndice 3. El formato de respuesta es dicotómico (sí/no): si el participante responde *no* a los primeros tres ítems de tamizado (A1, A2 y A3) se debe responder únicamente el primero de los seis ítems de diagnóstico (B1). Si el participante responde *sí* a cualquiera de los tres ítems de tamizado se deben responder los seis ítems de diagnóstico (B1, B2, B3, B4, B5 y B6).

Los seis ítems de diagnóstico de la prueba cuestionan la presencia o ausencia de consumo de alcohol u otras drogas (marihuana, inhalantes, cocaína y drogas sintéticas), así como los problemas relacionados con el consumo de estas. En caso de responder de forma negativa (*no*) se le asigna una puntuación de cero, mientras que a una respuesta afirmativa (*sí*) se le asigna una puntuación de uno. Para evaluar el instrumento se suman las puntuaciones de los seis ítems de diagnóstico (B1-B6). Una puntuación mínima de 0 o 1 es considerada como punto de corte e indica ausencia de riesgo de consumo problemático de sustancias. Puntuaciones iguales o mayores a 2 sugieren la presencia de consumo abusivo (Clark et al., 2010).

Para esta investigación se utilizó la versión oficial en español realizada por los autores del instrumento que tiene niveles moderadamente altos de consistencia interna ($\alpha = .73$), de acuerdo con los datos reportados por Reyna et al. (2016). El CRAFFT se ajustó en formato digital, a través de la plataforma Formularios de Google, respetando completamente la redacción de los ítems así como el diseño utilizado de la versión estándar (lápiz y papel). La estructura en formato digital del instrumento no dificulta las respuestas de los participantes, y su formato es eficiente y consistente con las escalas originales. Su tiempo de aplicación es de 5-10 minutos aproximadamente y la puntuación máxima es de 6.

Retención de dígitos en progresión (DP)

Esta tarea es una adaptación de la subprueba de *dígitos directos* incluida en el WAIS-IV. Para resolverla se le pide al participante que repita, en el mismo orden, distintas series de números. La prueba inicia con series de tres números y puede finalizar con series de nueve números. Es una subprueba principal de MT y su resolución requiere de un componente (bucle fonológico) que permita retener la información verbal de forma temporal y tiene una duración de 6-8 minutos aproximadamente. Puntuación mínima: 0, puntuación máxima: 9.

Retención de dígitos en regresión (DR)

Esta tarea es una adaptación de la subprueba *dígitos inversos* incluida en el WAIS-IV. Para resolverla se le pide al participante que repita, en orden contrario (desde el último hasta el primero), distintas series de números. La prueba inicia con series de dos números y puede finalizar con series de ocho números. Es una subprueba principal de MT y, diferencia de la tarea anterior (dígitos en progresión), su resolución demanda una mayor capacidad de memoria de trabajo: se requiere no sólo de un componente (bucle fonológico) que permita retener la información verbal de forma temporal, sino también del ejecutivo central para manipular esta información. La tarea completa tiene una duración aproximada de 6-8 minutos. Puntuación mínima: 0, puntuación máxima: 8.

Cubos en progresión (CP)

Esta tarea es una adaptación de la prueba *cubos de Corsi* diseñada por Philip Corsi (1973). Su resolución requiere de un componente (agenda visuo-espacial) que permita retener información visual de forma temporal. Para comenzar, se colocan sobre una plantilla nueve cubos de madera numerados del uno al nueve; enseguida, el aplicador señala al participante cubos que forman distintas series de números y se le pide que los señale en el mismo orden; la prueba inicia con series de tres números y puede finalizar con series de nueve números. La tarea completa tiene una duración aproximada de 6-8 minutos. Puntuación mínima: 0, puntuación máxima: 9.

Cubos en regresión (CR)

Esta tarea es también una adaptación de la prueba cubos de Corsi diseñada originalmente por Philip Corsi (1973); a diferencia de la tarea anterior (cubos en progresión), su resolución demanda una mayor capacidad de memoria de trabajo: se requiere no sólo de un componente (agenda visuo-espacial) que permita retener la información visual de forma temporal, sino también del ejecutivo central para manipular esta información. Para comenzar, se colocan sobre una plantilla nueve cubos de madera numerados del uno al nueve; enseguida, el aplicador señala al participante cubos que forman distintas series de números y se le pide que los señale en orden contrario (desde el último

hasta el primero); la prueba inicia con series de dos números y puede finalizar con series de nueve números. La tarea completa tiene una duración aproximada de 6-8 minutos. Puntuación mínima: 0, puntuación máxima: 9.

Tareas de Intervalo Complejo de Memoria de Trabajo

Los participantes respondieron tres tareas automatizadas que evaluaron distintos componentes de MT: Operación (OSpan), Rotación (RotSpan) y Simetría (SymSpan). Fueron utilizadas para medir capacidad de memoria de trabajo (CMT) y se ejecutaron secuencialmente en E-prime 2.0 (Psychology Software Tools Inc., 2012), utilizando las versiones diseñadas por Foster et al (2014). La tarea de los participantes consistía en recordar una secuencia de elementos, mientras completaban una tarea de distracción antes de cada elemento.

Al finalizar un ensayo se realizaba una retroalimentación que indicaba el desempeño de los participantes (tanto para la tarea de memoria como para la tarea de distracción), así como la precisión acumulada. Se pidió a los participantes que mantuvieran 85% de precisión en cada tarea de distracción. Las tres tareas se resolvían en aproximadamente 30 minutos y todas las respuestas se registraban con el ratón de la computadora (ver figura 3).

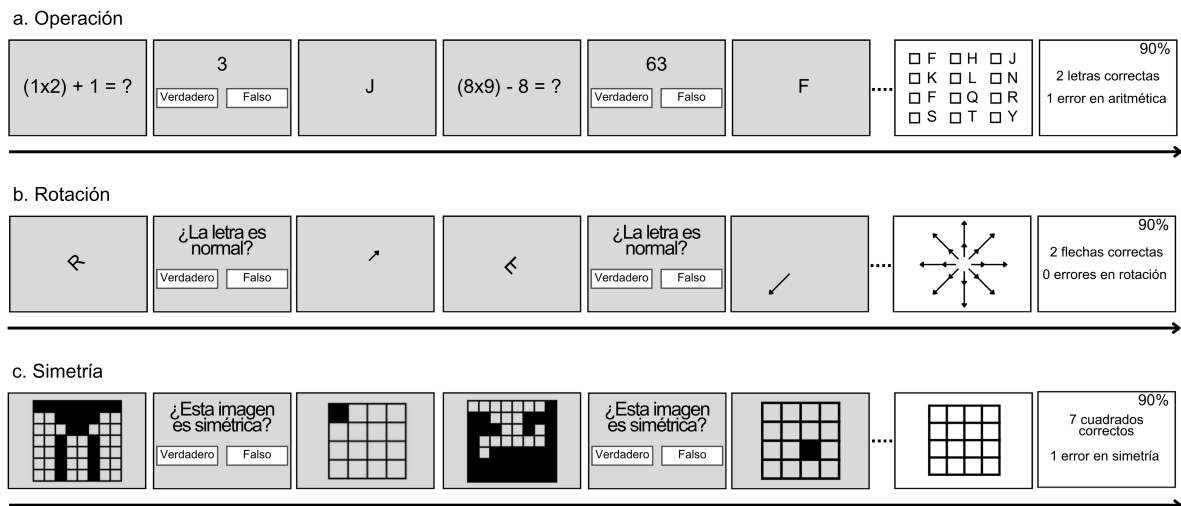


Figura 3. Esquemas de las *tareas de intervalo complejo de MT*

(adaptada de Chen et al., 2019).

Operación (OSpan)

En cada ensayo se mostraba al centro de la pantalla una secuencia que podía incluir de dos a siete letras (e.g. “J” y “F”). Antes de la presentación de cada letra, el participante realizaba una tarea de distracción: resolver un problema aritmético simple (e. g. “ $(1 \times 2) + 1 = ?$ ”). Una vez que la serie de letras terminaba, se pedía al participante que recordara las letras, así como el orden en que aparecieron, marcando las casillas correspondientes en una pantalla de recuperación.

Al final, se mostraba la siguiente retroalimentación: cantidad de letras recordadas correctamente, número de errores cometidos al resolver los problemas matemáticos y la precisión acumulada en la resolución de estos problemas; esta tarea contenía diez ensayos y se resolvía en diez minutos aproximadamente. Puntuación mínima: 0, puntuación máxima: 10.

Rotación (RotSpan)

En cada ensayo se mostraba una secuencia que podía incluir de tres a siete flechas; algunas de estas flechas eran cortas o largas y apuntaban hacia una de ocho ubicaciones posibles. Antes de la presentación de cada flecha, el participante realizaba una tarea de distracción: decidir si una letra rotada se presentaba en su configuración normal (e .g. “R”) o al revés (en espejo). Una vez que la serie de flechas terminaba, se pedía al participante que recordara la longitud, dirección y el orden en que aparecieron las flechas, marcando las flechas correspondientes en una pantalla de recuperación.

Al final, se mostraba la siguiente retroalimentación: cantidad de flechas recordadas correctamente, número de errores con respecto a la rotación de letras y la precisión acumulada en la resolución de la rotación de letras; esta tarea contenía ocho ensayos y se resolvía en diez minutos aproximadamente. Puntuación mínima: 0, puntuación máxima: 8.

Simetría (SymSpan)

En cada ensayo se mostraba una secuencia que podía incluir de dos a cinco cuadrados rojos presentados en diferentes ubicaciones (una de las dieciséis ubicaciones posibles en una cuadrícula de 4 x 4). Antes de la aparición de cada cuadrado, el participante realizaba una tarea de distracción: decidir si una imagen era verticalmente simétrica o no. Una vez que la serie de cuadrados terminaba, se pedía al participante que recordara la ubicación y el orden de aparición de todos los cuadrados, marcando los cuadrados correspondientes en una pantalla de recuperación.

Al final, se mostraba la siguiente retroalimentación: cantidad de cuadrados recordados correctamente, número de errores con respecto a la simetría de imágenes y la precisión acumulada en la resolución de las imágenes simétricas; esta tarea contenía ocho ensayos y se resolvía en diez minutos aproximadamente. Puntuación mínima: 0, puntuación máxima: 8.

La puntuación de carga todo o nada (ANL: *all-or-nothing load scoring*), utilizada para obtener la puntuación de estas tareas (Conway et al, 2005), es el método más utilizado para evaluar el rendimiento en las tareas OSpan, RotSpan y SymSpan. *Todo o nada* hace referencia a los ensayos en que todos los elementos se recuperan correctamente; sólo de este modo podrían contarse como un ensayo correcto. Mientras que *cargar* se refiere a la precisión de las respuestas, ponderadas por el número de elementos a recuperar establecido en cada ensayo. Por lo tanto, una puntuación ANL más alta indica una mayor CMT.

En este caso, se calculó como una relación entre la suma de los elementos recordados en el orden correcto de la serie y la cantidad total de elementos que debían recuperarse en la tarea; esta puntuación podía oscilar entre 0 y 1.

Backward Majority Function Task-Masked (MFT-M)

Esta tarea fue programada en E-prime 2.0 (Psychology Software Tools Inc., 2012) con los parámetros descritos en la versión modificada de la *Majority Function Task* (MFT) que contempla únicamente cinco flechas como estímulos (Wu et al., 2016); el resto de los parámetros utilizados son consistentes con la versión original de la prueba diseñada por Fan et al. (2008). La tarea completa contenía 432 ensayos y se resolvía en 40 minutos aproximadamente.

En cada ensayo, después de un periodo de fijación que podía oscilar entre 0-500 ms, se mostraban de forma simultánea cinco flechas distribuidas aleatoriamente en ocho ubicaciones posibles; estas flechas formaban un octágono al centro de la pantalla y podían apuntar hacia la derecha o hacia la izquierda. La congruencia entre flechas (cantidad de flechas que apuntan a la dirección mayoritaria frente a la cantidad de flechas que apuntan a la dirección minoritaria) podía ser 5:0, 4:1 o 3:2. Después de un tiempo de exposición (TE) variado: 250, 500, 1000 o 2000 ms, el conjunto de flechas se reemplazaba por una máscara con ocho diamantes ubicados en las mismas ocho ubicaciones posibles; esta máscara se presentaba durante 500 ms. Posteriormente se mostraba otro periodo de fijación que podía oscilar entre 0-1750 ms para que la duración total de la ventana de respuesta fuera de 2500 ms. Después de la ventana de respuesta, se realizaba una retroalimentación durante 750 ms que indicaba si la respuesta registrada fue correcta o incorrecta; enseguida se presentaba un tercer periodo de fijación que oscilaba entre 1250-1750 ms. Cada ensayo tenía una duración total de 5000 ms (ver figura 4).

Para resolver esta tarea los participantes debían indicar con la mayor rapidez y precisión posible la dirección (izquierda o derecha) de la mayoría de las flechas presentadas en conjunto. Esta prueba requiere que se realicen respuestas en todos los ensayos, por lo que se pidió a todos los participantes que respondieran, incluso si no estaban seguros de sus respuestas. Los participantes registraron sus respuestas en un teclado numérico utilizando los dedos índices de ambas manos (1 = izquierda y 3 = derecha).

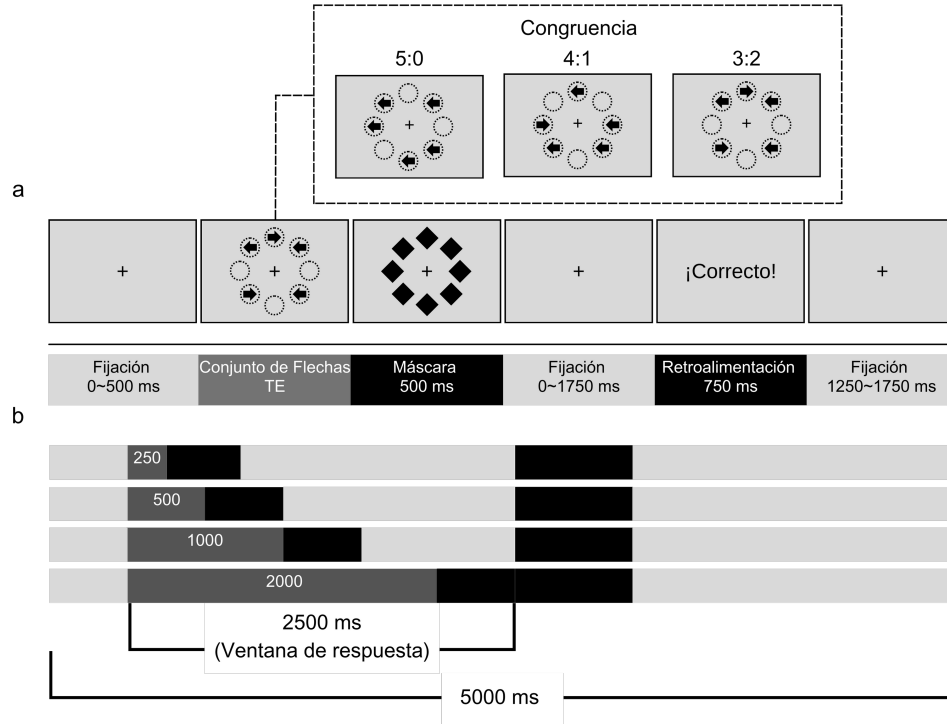


Figura 4. Esquema de la *backward majority function task-masked* (MFT-M (adaptada de Chen et al., 2019).

Algoritmo de búsqueda por agrupación adoptado durante el desempeño de la tarea

La búsqueda por agrupación es el algoritmo más plausible para explicar la estrategia que los participantes utilizan durante la MFT (Fan, 2014; Wang et al., 2011; Wu et al., 2016). Esta estrategia permite a los participantes muestrear estímulos repetidamente hasta obtener una muestra congruente con tres (grupo mayoritario) de cinco flechas (tamaño total del conjunto) que apunten hacia la misma dirección; cada muestreo se realiza de forma aleatoria e independiente.

De acuerdo con los datos reportados por Wu et al. (2016), la entropía de información promedio (en bits) de cada condición se calculó con la transformación \log_2 del número promedio de flechas que deben buscarse hasta obtener una muestra congruente (N); el cual se obtuvo dividiendo el tamaño del grupo mayoritario (N_{maj}) entre la probabilidad de obtener una muestra congruente con un intento de muestreo (P_{group}): **entropía** = $\log_2(N_{maj}/P_{group})$. Para cada condición P_{group} se calculó como:

$$P_{group} = \frac{c(N_{con}|N_{maj})}{c(N_{size}|N_{maj})} = \frac{N_{con}!}{(N_{con}-N_{maj})!} / \frac{N_{size}!}{(N_{size}-N_{maj})!} \quad (1)$$

N_{size} es el tamaño establecido del conjunto y N_{con} es el número de flechas que apunten hacia la dirección mayoritaria. De acuerdo con la *ecuación 1*, el P_{group} es de 1.00, 0.40 y 0.10 para las condiciones 5:0, 4:1 y 3:2, respectivamente; correspondientes a la entropía de 1.58, 2.91 y 4.91 bits.

La tasa media de información de cada condición de TE (en bits por segundo[bps]), se calculó como la transformación \log_2 de N por segundo, es decir, $\log_2(N/TE)$, lo que da como resultado un rango de tasa de información entre 0.59 y 6.91 bps.

Para estimar la CCC se calculó la precisión de las respuestas (porcentaje de respuestas correctas) en cada condición; esto se refiere a la tasa máxima de información que cada participante puede procesar eficientemente. Es probable que una persona con una CCC alta pueda realizar operaciones mentales de alto nivel bajo limitaciones de tiempo y, por lo tanto, debería desempeñarse mejor en tareas que requieren control cognitivo.

Precisión de la respuesta MFT-M en función de la capacidad de control cognitivo.

Debido a la restricción que proporciona el tiempo de exposición (TE), el proceso de muestreo se puede clasificar como voluntariamente terminado (VT) o forzosamente terminado (FT). En los ensayos VT, el participante responde cuando obtiene una muestra congruente lo que conduce a una respuesta correcta. Una CCC más alta, un TE más largo y una entropía de información más baja aumentan la probabilidad de ensayos VT.

La precisión de respuesta en ensayos VT depende de la precisión de respuesta de referencia (p_0) que se calcula con la precisión media en la condición donde todas las flechas son congruentes (condición 5:0). En los ensayos FT, el participante responde adivinando porque el conjunto de flechas desaparece antes de que se adquiriera una muestra congruente, lo que conduce a una respuesta aleatoria. La probabilidad de adivinar correctamente es producto del azar ($p_{guess} = 0,5$). La precisión de respuesta esperada ($E [accuracy]$) se calcula como la suma de la precisión de respuesta en los ensayos VT y FT utilizando la siguiente ecuación, en la que C es un parámetro libre que denota la CCC.

$$E (accuracy) = \left[1 - (1 - P_{group})^{\frac{2^C \times ET}{N_{maj}}} \right] \times P_0 + (1 - P_{group})^{\frac{2^C \times ET}{N_{maj}}} \times P_{guess}$$

$$= P_0 - (1 - P_{group})^{\frac{2^C \times ET}{N_{maj}}} \times (P_0 - P_{guess}).$$

Procedimiento

La recolección de los datos se llevó a cabo en dos fases distintas: 1) se difundió entre la comunidad académica una invitación para participar en el estudio; los estudiantes que aceptaron respondieron tres instrumentos de tamizaje para verificar la presencia de sintomatología psiquiátrica. 2) la muestra final resolvió tareas de CI, MT y CCC. Los detalles de ambas fases se explican a continuación.

Fase 1

Distintos grupos de la Facultad de Psicología fueron invitados para participar en la primera fase del proyecto; se explicó el motivo del estudio, así como los pormenores de su participación. En esta fase 90 estudiantes respondieron tres instrumentos para medir sintomatología psiquiátrica (BAI, BDI y CRAFFT). Después de la evaluación de estos datos se seleccionaron 40 participantes que cumplieron con las puntuaciones establecidas a través de un proceso aleatorizado que permitió obtener, participante por participante, la muestra final.

Fase 2

Los 40 participantes seleccionados fueron informados de manera individual, vía correo electrónico o WhatsApp, sobre los pormenores de las dos sesiones a las que asistirían. Esta evaluación tuvo lugar en el Laboratorio de Cognición Humana “Raúl Hernández Peón” de la Facultad de Psicología. Al interior del laboratorio se encuentra un mueble diseñado para que dos personas se coloquen cada una frente a un monitor (ambos conectados a la misma computadora, de manera tal que el evaluador puede ver todo el tiempo lo que el participante está viendo): participante e investigador.

Los participantes respondieron las tareas computarizadas (*tareas de intervalo complejo de MT* y MFT-M) frente a un monitor de 19 pulgadas a una distancia aproximada de 50 centímetros y se les colocaron protectores de oídos para disminuir el ruido exterior; los participantes fueron instruidos para responder utilizando el ratón de la computadora y un teclado numérico. El resto de las tareas se respondieron en un aula de la biblioteca sobre una mesa colocada de tal manera que el participante y el investigador pudieran sentarse uno frente a otro. Todos los participantes asistieron a dos sesiones.

Sesión 1

Los participantes respondieron una entrevista semiestructurada en la cual se registraron sus datos sociodemográficos y clínicos (ver apéndice 2). En esta sesión se resolvieron las siguientes subpruebas: CP, CR, así como las *tareas de intervalo complejo de MT*. Esta sesión tuvo una duración aproximada de una hora con 20 minutos.

Sesión 2

Al inicio de esta sesión se aplicaron las pruebas para evaluar el CI (DC y VB) y posteriormente los participantes resolvieron las subpruebas: DP, DR y la *backward majority function task-masked* (MFT-M). Esta sesión tuvo una duración aproximada de una hora.

Análisis de los datos

Los datos recolectados durante la primera fase del estudio fueron analizados en el programa estadístico R (R Core Team, 2016); se obtuvieron los estadísticos descriptivos de las puntuaciones totales de los tres instrumentos que evaluaron sintomatología psiquiátrica, lo que permitió reunir la muestra que participó en la siguiente fase. Los datos recolectados en la segunda fase del estudio fueron analizados con una prueba de Correlación de Pearson en el programa estadístico JASP (JASP Team, 2023).

Consideraciones éticas

Los instrumentos que fueron utilizados durante la fase experimental no son invasivos, ni representan ningún riesgo físico o mental. Todos los participantes recibieron una detallada explicación sobre los objetivos del experimento, así como una retroalimentación sobre su desempeño a los estudiantes que lo solicitaron. Las firmas de quienes aceptaron participar se recabaron en un formato de consentimiento informado (ver apéndice 5).

Resultados

Las puntuaciones obtenidas en todas las tareas de memoria de trabajo, así como en la tarea de control cognitivo se muestran en la tabla 2. En estos puntajes se observa que la CCC fue de 3.37 bps, lo cual es consistente con datos que señalan que esta capacidad es de 3-4 bps (bits por segundo) en muestras similares a la nuestra (Chen et al., 2019; Wu et al., 2016). Pese a que dos puntuaciones ANL obtenidas en las *tareas de intervalo complejo de MT*: RotSpan y SymSpan, fueron más o menos consistentes con lo planteado en la literatura, la puntuación media en la tarea OSpan fue notablemente más baja (0.18), si comparamos este resultado con lo que reportan otros datos (revisar apartado de discusión). Las puntuaciones del resto de las tareas que miden MT reflejaron un rendimiento esperable.

Tabla 2. Descriptivos de las puntuaciones obtenidas en las tareas

	Media	DE	Min	Max
Control Cognitivo				
CCC (bps)	3.37	0.63	2.19	4.25
Memoria de Trabajo				
DP	5.44	0.64	4	7
DR	4.15	0.82	3	6
CP	5.85	0.95	5	9
CR	6.07	1.33	4	8
OSpan	0.18	0.11	0	0.43
RotSpan	0.37	0.16	0.07	0.76
SymSpan	0.42	0.17	0.05	0.71

Nota. CCC = capacidad de control cognitivo; bps = bits por segundo; DP = dígitos en progresión; DR = dígitos en regresión; CP = cubos en progresión; CR = cubos en regresión; OSpan = operación; RotSpan = rotación; SymSpan = simetría.

Se verificó la normalidad de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk, esto nos permite asumir que las puntuaciones obtenidas en las siguientes tareas: MFT-M, OSpan, RotSpan, así como SymSpan tienen una distribución normal y las puntuaciones obtenidas en las tareas: dígitos y cubos (progresión y regresión) no tienen una distribución normal; por lo tanto, se realizó un análisis de correlación de Spearman que mostró los mismos resultados que a continuación se presentan.

Para calcular la correlación entre la CCC (obtenida a través de la MFT-M) y los puntajes de las distintas tareas de MT se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. Este análisis no mostró una correlación estadísticamente significativa entre la CCC y las puntuaciones obtenidas en seis de las siete tareas utilizadas para estimar MT: DP ($r = .20, p = .323$), DR ($r = .86, p = .672$), CP ($r = .23, p = .249$), OSpan ($r = .007, p = .974$), RotSpan ($r = -.003, p = .988$) y SymSpan ($r = .28, p = .158$); pero sí correlacionó significativa y positivamente con la puntuación obtenida en la tarea de CR ($r = .44, p = < .05$) lo cual podría implicar que esta capacidad se relaciona con un desempeño más eficiente en tareas de este tipo, ver figura 5.

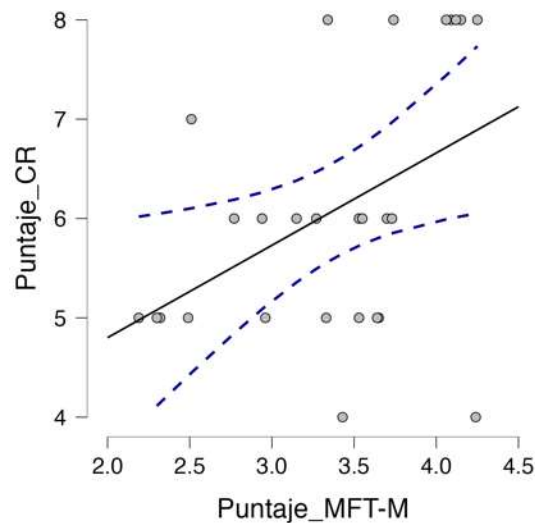


Figura 5. Correlación entre el puntaje de la tarea CR y la MFT-M

La correlación entre los puntajes obtenidos en todas las tareas de MT también se calculó utilizando el Coeficiente de Correlación de Pearson. Este análisis mostró las siguientes correlaciones positivas y estadísticamente significativas: DP-DR ($r = .53, p = < .01$), DP-CP ($r = .56, p = < .01$), CP-CR ($r = .50, p = < .01$), DR-RotSpan ($r = .56, p = < .01$), DR-SymSpan ($r = .52, p = < .01$) y RotSpan-SymSpan ($r = .56, p = < .01$); ver figura 6.

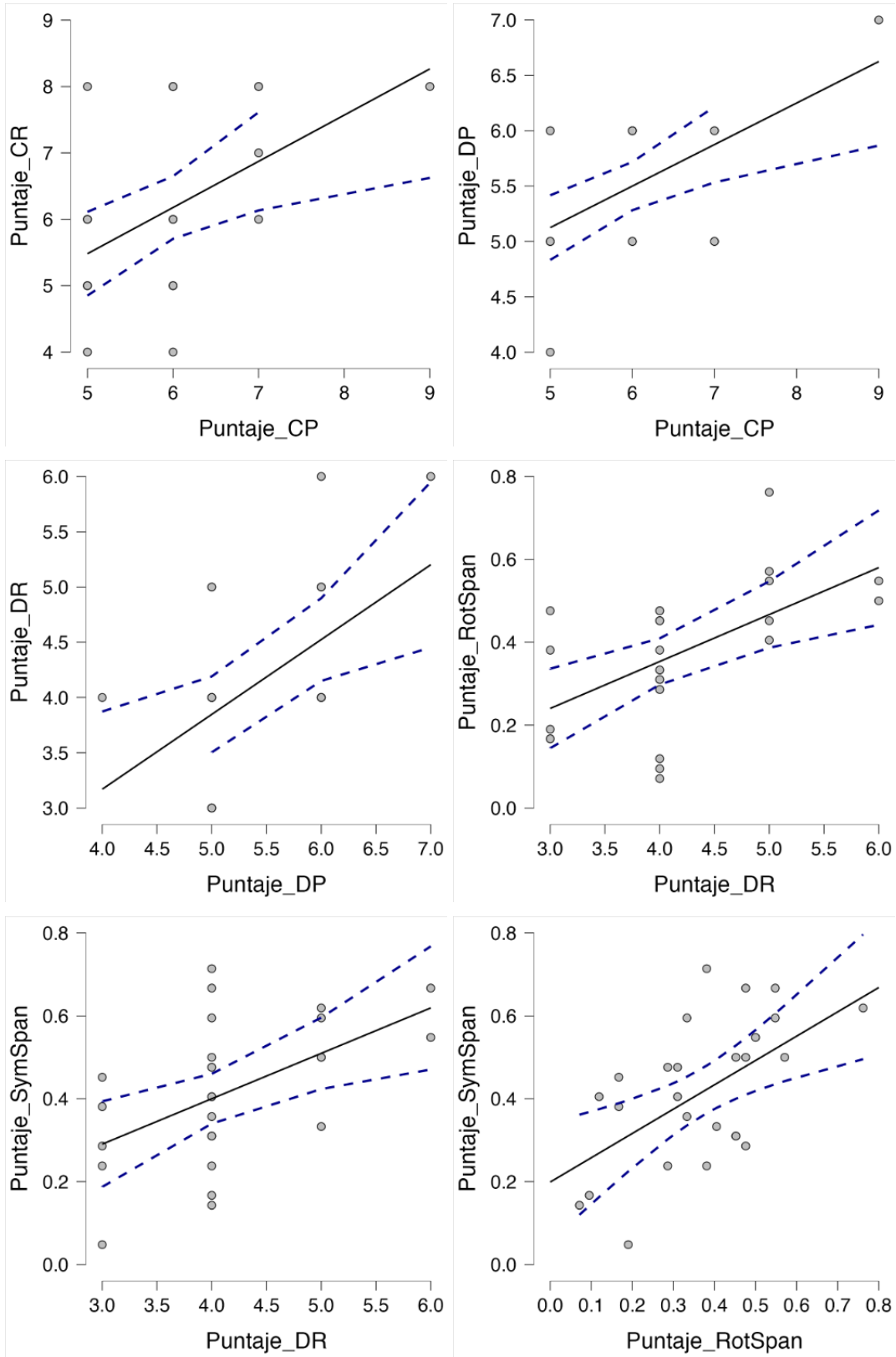


Figura 6. Correlaciones entre las distintas tareas de MT.

Discusión

Hallazgos

El objetivo central de este estudio fue analizar la relación entre control cognitivo (CC) y la eficiencia en la resolución de distintas tareas de memoria de trabajo (MT); relación que estaría determinada, principalmente, por el nivel de ejecutivo central (EC) presente en las tareas de MT. Esto implicaría que aquellas estimaciones de MT realizadas con tareas donde exista un alto componente de EC deberían estar correlacionadas con el CC. No obstante, nuestros resultados únicamente mostraron una correlación positiva y estadísticamente significativa con la tarea de cubos en regresión (CR), pero no con el resto de las tareas que cumplen con esta condición.

Tal como se explicó en la revisión teórica, es importante considerar la capacidad integradora del CC y que por lo tanto su funcionamiento no está limitado a la inhibición de respuestas. Partiendo de esta idea, la estimación de la capacidad de control cognitivo (CCC) se realizó con la *backward majority function task-masked* (MFT-M) porque aprovecha la capacidad de las personas para: 1) seleccionar y priorizar simultáneamente entradas visuales relevantes para la conducta, y 2) coordinar operaciones mentales bajo incertidumbre (Chen, 2019); en este sentido, la mayoría de los hallazgos se discutirán en función de datos reportados por estudios en los que utilizaron la MFT-M como instrumento para la evaluación del CC; para mayor claridad, los hallazgos se dividieron en precisión y correlación de las variables del estudio.

Como se señaló anteriormente, la CCC de las personas *per se* es limitada; su cuantificación se realizó manipulando la tasa de información del CC: variando paramétricamente la incertidumbre de los estímulos (entropía y tiempo de exposición), a partir de la relación entre precisión y tasa de información del CC (en bits [bits por segundo]). De acuerdo con estos parámetros, la estimación media (CCC = 3.37 bps) de los participantes fue consistente con lo señalado en otros reportes (3-4 bps [Chen et al., 2019; Wu et al., 2016]).

En cuanto a precisión en las tres *tareas de intervalo complejo de MT* (OSpan [0.18], RotSpan [0.37] y SymSpan [0.42]), las dos últimas son similares a los resultados obtenidos por Chen et al. (2019): 0.44 y 0.45, respectivamente; sin embargo, el desempeño de los participantes en OSpan fue notablemente inferior (0.18) si comparamos este dato con lo encontrado por Chen et al (2019): OSpan = 0.56. La explicación de estos resultados podría ser la siguiente: las tareas incluyen ensayos

de distracción y el estudio anteriormente citado requería que los participantes mantuvieran al menos un 85% de precisión en cada uno de estos ensayos; en nuestro caso, ese criterio no fue considerado.

En el estudio de Chen et al. (2019) se sugiere que el CC y la MT comparten un componente central encargado de coordinar pensamientos y acciones, i.e., el EC. El rendimiento en tareas como la MFT-M (utilizadas para medir CCC) implicaría una memoria automática *sensorial o icónica* de alta capacidad y de corta duración (Bradley & Pearson, 2012): el EC emergería de un nivel más bajo durante el procesamiento de información, teóricamente distinto de las operaciones mentales de alto nivel. El *algoritmo de búsqueda por agrupación* adoptado durante el desempeño en esta tarea no necesitaría almacenar información, ayudando a mantener cargas constantes de MT en las diferentes condiciones de la MFT-M; además, el grupo mayoritario es mucho más pequeño que la CMT (Baddeley, 1996b) de tal manera que la CCC estimada en esta tarea no debería verse afectada por la CMT, ya que el componente compartido entre estos dos constructos (EC) es independiente del almacenamiento.

Las tres *tareas de intervalo complejo de MT* utilizadas para estimar CMT tienen una alta correlación con habilidades de nivel superior: razonamiento, resolución de problemas e inteligencia fluida (Ackerman et al. 2005; Cowan et al., 2005; Engle et al., 1999; Engle, 2002; Kane et al., 2004; Kyllonen & Christal, 1990). Esto parece indicar que dichas tareas, tal como se muestra en el estudio de Chen et al. (2019): OSpan ($r = .36, p < .001$) y SymSpan ($r = .36, p < .001$), estarían fuertemente relacionadas con la CCC. Sin embargo, el análisis no mostró correlaciones estadísticamente significativas: OSpan ($r = .007, p = .97$), RotSpan ($r = -.003, p = .99$) y SymSpan ($r = .28, p = .16$).

Nuestros resultados no evidencian una relación entre la CCC y las *tareas de intervalo complejo de MT*, lo cual no es consistente con los resultados de Chen et al. (2019) ni con la literatura que sugiere que el CC y la MT comparten al EC. No obstante, consideramos que un factor que podría explicar estos resultados es el pobre rendimiento de nuestros participantes en la tarea OSpan, componente que influye en la estimación global de la CMT.

De acuerdo con las hipótesis planteadas, la CCC estaría correlacionada con el rendimiento en aquellas tareas de MT con un alto componente de EC: DR, CR y las tres *tareas de intervalo complejo de MT* pero esto únicamente ocurrió en la tarea CR ($r = .44, p = .02$). En cambio, las tareas de MT con una carga menor de EC, tal como se esperaba, no mostraron una correlación estadísticamente significativa: DP ($r = .20, p = .32$) y CP ($r = .23, p = .25$). Estos últimos datos apoyan las hipótesis inicialmente planteadas.

En cuanto a la correlación entre las tareas de dígitos fue la esperable considerando que ambas (DP y DR) son pruebas principales para evaluar MT y que además, requieren del mismo componente (bucle fonológico) para retener información verbal eficientemente; esta correlación

también se observó en las dos tareas de cubos (CP y CR) que con frecuencia se utilizan para medir MT pero, a diferencia de las anteriores, requieren de la agenda visuoespacial para retener información visual de forma temporal.

El resto de las tareas que correlacionaron significativamente (DP, DR, CP, RotSpan y SymSpan) se utilizan para evaluar la capacidad de las personas para retener información pero con entradas sensoriales distintas; esto explica que en nuestros análisis todas estas pruebas correlacionaron significativamente.

Evaluación de los métodos

Con base en los resultados obtenidos es necesario tomar en cuenta lo siguiente: 1) los análisis posteriores se dificultan si se utilizan datos de participantes que obtengan una precisión menor al 85% en las *tareas de intervalo complejo de MT*. En el caso de nuestro estudio la estimación media de la CCC fue consistente con lo planteado en la literatura sin embargo, no correlacionó significativamente con ninguna de estas tareas debido, probablemente, al pobre rendimiento en una de las tres *tareas de intervalo complejo de MT* o al tamaño limitado de la muestra (es posible que algunas de las correlaciones resulten significativas aumentando el número de participantes); 2) es importante considerar la evaluación con otras tareas de MT que estén estrechamente relacionadas con la inteligencia fluida (e.g. las subpruebas que se incluyen en el WAIS-IV [Wechsler, 2008]), de tal forma que todas las mediciones obtenidas puedan ser comparables y explicadas por el alto componente de EC.

Consideramos que el desempeño durante las *tareas de intervalo complejo de MT* (OSpan, RotSpan y SymSpan) que se utilizaron para estimar CMT en los participantes, no estuvo influido por la fatiga o el aburrimiento. Estas tres tareas tuvieron, tal como se detalló en el método, una duración aproximada de 45 minutos (15 minutos por tarea) y los participantes podían tomar un breve descanso, si así lo deseaban, antes de comenzar cada una de las tareas; además los estímulos utilizados fueron diferentes de acuerdo con la tarea presentada.

Si bien es cierto que este tipo de tareas resultan eficientes para estimar CMT, también es importante considerar su nivel de dificultad y con ello, el tipo de incentivo que se podría proporcionar a los participantes. Sería importante que, tal como creemos que ocurre en otros países, se pudieran diseñar programas de promoción académica dirigidos a estudiantes que participen en proyectos de investigación para garantizar un desempeño esperable para estudios de este tipo. Tal como ocurrió en un estudio similar al nuestro, los participantes no obtuvieron incentivos económicos ni de ningún otro tipo salvo créditos académicos al terminar sus evaluaciones.

Modificaciones y extensiones del estudio

Una de las posibilidades de extensión de este estudio sería la incorporación de otras medidas de MT que estén directamente relacionadas con la inteligencia; se cree que el CC es un componente central en la inteligencia humana (Chen et al., 2019), el cual estaría involucrado con el rendimiento en algunas subpruebas del WAIS, específicamente en aquellas que tengan que ver con la inteligencia fluida. Las correlaciones que se han encontrado entre el CC, MT y CI sugieren que el factor común es precisamente el CC, utilizando tareas de este tipo permitirían analizar el papel de la CCC en tareas que aparentemente estuvieran fuertemente relacionadas.

Si se utilizan nuevamente las *tareas de intervalo complejo de MT* sería conveniente cuidar la precisión de los participantes porque, tal como lo evidenciaron algunos de nuestros resultados, desempeños inferiores al 85% pueden impactar negativamente en la estimación global de la CMT.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio no mostraron relación entre CC y la eficiencia en la resolución de tareas de MT con bajo nivel de EC. Sin embargo, esta capacidad sí se relacionó con el desempeño en tareas como cubos en regresión (CR) que tiene alto nivel de ejecutivo central; esto implicaría que una mayor CCC de alguna forma podría garantizar que las personas tengan un buen desempeño en tareas de este tipo.

Las *tareas de intervalo complejo de MT* son adecuadas para evaluar capacidad de memoria de trabajo, no obstante, el bajo desempeño en cualquiera de sus componentes es determinante para la estimación global, lo cual podría convertirse en un factor de error en los análisis posteriores si no se eliminan estos datos. La estimación de la CCC utilizando la MFT-M fue equiparable con los datos presentados en otros estudios; esto podría ser un buen indicador para considerarlo como un instrumento confiable para evaluar CC.

Es importante considerar una evaluación más amplia que contemple otras tareas con el mismo nivel de ejecutivo central y que estén directamente relacionadas con otras habilidades intelectuales (e.g. inteligencia fluida). Esto contribuirá con la validación de otros modelos sobre CC (e. g. Chen et al., 2019) que son capaces de explicar deficiencias en la coordinación de operaciones mentales, como resultado de un déficit funcional en áreas dentro de la red de control cognitivo (Mackie & Fan, 2017) y que han sido mostrados anteriormente en personas con retraso mental (Wehmeyer & Schwartz, 1997; Wing, 1981), neurodesarrollo (Arnsten & Rubia, 2012; Hill, 2004; Ozonoff & Jensen, 1999) y trastornos psiquiátricos (Marotta et al., 2015; Spagna et al., 2015; Spagna et al., 2018; Tian et al., 2016).

Referencias

- Ackerman, P. L., Beier, M. E., & Boyle, M. O. (2005). Working memory and intelligence: The same or different constructs? *Psychological Bulletin*, *131*(1), 30. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0033-2909.131.1.30>
- Alexander, W. H., & Brown, J. W. (2011). Medial prefrontal cortex as an action- outcome predictor. *Nature Neuroscience*, *14*(10), 1338–1344. <https://doi.org/10.1038/nn.2921>
- Arnsten, A. F., & Rubia, K. (2012). Neurobiological circuits regulating attention, cognitive control, motivation, and emotion: disruptions in neurodevelopmental psychiatric disorders. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *51*(4), 356-367. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2012.01.008>
- Baddeley, A. D. (1966). Short-term memory for word sequences as a function of acoustic, semantic and formal similarity. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *18*(4), 362-365. <https://doi.org/10.1080/14640746608400055>
- Baddeley, A. D. (1986). *Working Memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (1996a). The fractionation of working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *93*(24), 13468-13472. <https://doi.org/10.1073/pnas.93.24.13468>
- Baddeley, A. D. (1996b). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, *49*(1), 5-28. <https://doi.org/10.1080/713755608>
- Baddeley, A. D. (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. D. (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., Gathercole, S., & Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review*, *105*(1), 158. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0033-295X.105.1.158>
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. *Psychology of Learning and Motivation*, *8*, 47-89. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Baddeley, A., Papagno, C., & Vallar, G. (1988). When long-term learning depends on short-term storage. *Journal of Memory and Language*, *27*(5), 586-595. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(88\)90028-9](https://doi.org/10.1016/0749-596X(88)90028-9)
- Baddeley, A. D., Thomson, N., & Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *14*(6), 575-589. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(75\)80045-4](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(75)80045-4)

- Badre, D. (2008). Cognitive control, hierarchy, and the rostro–caudal organization of the frontal lobes. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(5), 193-200. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.02.004>
- Badre, D., & D'Esposito, M. (2007). Functional magnetic resonance imaging evidence for a hierarchical organization of the prefrontal cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(12), 2082-2099. <https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.12.2082>
- Beck, A. T., Epstein, N., Brown, G., & Steer, R. A. (1988). An inventory for measuring clinical anxiety: psychometric properties. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 56(6), 893-897. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0022-006X.56.6.893>
- Beck, A. T., Rush, A. J., Shaw, B. F., & Emery, G. (1979). *Cognitive therapy of depression*. Nueva York: Guilford. (Traducción española en Bilbao: DDB, 1983).
- Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108(3), 624–652. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0033-295X.108.3.624>
- Bradley, C., & Pearson, J. (2012). The sensory components of high-capacity iconic memory and visual working memory. *Frontiers in Psychology*, 3, 355. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00355>
- Braver, T. S., Gray, J. R., & Burgess, G. C. (2008). Explaining the many varieties of working memory variation: dual mechanisms of cognitive control. In A. R. A. Conway, C. Jarrold, M. J. Kane, A. Miyake & J. N. Towse (Eds.), *Variation in Working Memory* (pp. 76–106). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Broadbent, D. (1957). A mechanical model for human attention and immediate memory. *Psychological Review*, 64(3), 205. <https://doi.org/10.1037/h0047313>
- Brown, J. W., & Braver, T. S. (2005). Learned predictions of error likelihood in the anterior cingulate cortex. *Science*, 307(5712), 1118–1121. <https://doi.org/10.1126/science.1105783>
- Bush, G., Luu, P., & Posner, M. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(6), 215-222. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01483-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01483-2)
- Buzsáki, G., & Draguhn, A. (2004). Neuronal oscillations in cortical networks. *Science*, 304(5679), 1926-1929. <https://doi.org/10.1126/science.1099745>
- Chen, Y., Spagna, A., Wu, T., Kim, T. H., Wu, Q., Chen, C., Wu, Y., & Fan, J. (2019). Testing a Cognitive Control Model of Human Intelligence. *Scientific Reports*, 9(1), 2898. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39685-2>
- Clark, D. B., Gordon, A. J., Ettaro, L. R., Owens, J. M., & Moss, H. B. (2010). Screening and brief intervention for underage drinkers. *Mayo Clinic Proceedings*, 85(4), 380-391. <https://doi.org/10.4065/mcp.2008.0638>
- Colle, H. A., & Welsh, A. (1976). Acoustic masking in primary memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 15(1), 17-31. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(76\)900037](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(76)900037)

- Conrad, R., & Hull, A. J. (1964). Information, acoustic confusion and memory span. *British Journal of Psychology*, 55(4), 429-432. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1964.tb00928.x>
- Conway, A. R., Kane, M. J., Bunting, M. F., Hambrick, D. Z., Wilhelm, O., & Engle, R. W. (2005). Working memory span tasks: A methodological review and user's guide. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 769-786. <https://doi.org/10.3758/BF03196772>
- Corbetta, M. (1998). Frontoparietal cortical networks for directing attention and the eye to visual locations: identical, independent, or overlapping neural systems?. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(3), 831-838. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.3.831>
- Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(3), 201-215. <https://doi.org/10.1038/nrn755>
- Corsi, P. M. (1972). *Memory and medial temporal region of the brain* (Tesis Doctoral). Universidad McGill, Montreal.
- Courtney, S. M., Ungerleider, L. G., Keil, K., & Haxby, J. V. (1997). Transient and sustained activity in a distributed neural system for human working memory. *Nature*, 386(6625), 608-611. <https://doi.org/10.1038/386608a0>
- Denney, D. A., Ringe, W. K., & Lacritz, L. H. (2015). Dyadic short forms of the Wechsler Adult Intelligence Scale-IV. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 30(5), 404-412. <https://doi.org/10.1093/arclin/acv035>
- D'Esposito, M., & Postle, B. (2015). The cognitive neuroscience of working memory. *Annual Review of Psychology*, 66, 115-142. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015031>
- Dosenbach, N. U., Fair, D. A., Cohen, A. L., Schlaggar, B. L., & Petersen, S. E. (2008). A dual-networks architecture of top-down control. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(3), 99-105. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.01.001>
- Dosenbach, N. U., Fair, D. A., Miezin, F. M., Cohen, A. L., Wenger, K. K., Dosenbach, R. A., Fox, M.D., Snyder, A.Z., Vincent, J.L., Raichle, M.E., Schlaggar, B.L., & Petersen, S. E. (2007). Distinct brain networks for adaptive and stable task control in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(26), 11073-11078. <https://doi.org/10.1073/pnas.0704320104>
- Duncan, J. (2001). An adaptive coding model of neural function in prefrontal cortex. *Nature Reviews Neuroscience*, 2(11), 820-829. <https://doi.org/10.1038/35097575>
- Durstewitz, D., Seamans, J. K., & Sejnowski, T. J. (2000). Dopamine-mediated stabilization of delay-period activity in a network model of prefrontal cortex. *Journal of Neurophysiology*. <https://doi.org/10.1152/jn.2000.83.3.1733>
- Engle, R. W. (2002). Working memory capacity as executive attention. *Current Directions in Psychological Science*, 11(1), 19-23. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00160>
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., & Conway, A. R. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: a latent-variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128(3), 309. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0096-3445.128.3.309>

- Eriksen, B., & Eriksen, C. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, *16*(1), 143-149. <https://doi.org/10.3758/BF03203267>
- Fan, J. (2014). An information theory account of cognitive control. *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*, 680. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00680>
- Fan, J., Gu, X., Guise, K. G., Liu, X., Fossella, J., Wang, H., & Posner, M. I. (2009). Testing the behavioral interaction and integration of attentional networks. *Brain and Cognition*, *70*(2), 209-220. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2009.02.002>
- Fan, J., Guise, K. G., Liu, X., & Wang, H. (2008). Searching for the majority: Algorithms of voluntary control. *PLoS ONE*, *3*(10), e3522. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003522>
- Fan, J., Hof, P., Guise, K., Fossella, J., & Posner, M. (2007). The functional integration of the anterior cingulate cortex during conflict processing. *Cerebral Cortex*, *18*(4), 796-805. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhm125>
- Fan, J., McCandliss, B., Sommer, T., Raz, A., & Posner, M. (2002). Testing the efficiency and independence of attentional networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *14*(3), 340-347. <https://doi.org/10.1162/089892902317361886>
- Fan, J., Van Dam, N. T., Gu, X., Liu, X., Wang, H., Tang, C. Y., & Hof, P. R. (2014). Quantitative characterization of functional anatomical contributions to cognitive control under uncertainty. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *26*(7), 1490-1506. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00554
- Fiebach, C. J., Rissman, J., & D'Esposito, M. (2006). Modulation of inferotemporal cortex activation during verbal working memory maintenance. *Neuron*, *51*(2), 251-261. [https://www.cell.com/neuron/pdf/S0896-6273\(06\)00460-0.pdf](https://www.cell.com/neuron/pdf/S0896-6273(06)00460-0.pdf)
- Fries, P. (2005). A mechanism for cognitive dynamics: neuronal communication through neuronal coherence. *Trends in Cognitive Sciences*, *9*(10), 474-480. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.08.011>
- Frith, C. D., Friston, K. J., Liddle, P. F., & Frackowiak, R. S. (1991). Willed action and the prefrontal cortex in man: a study with PET. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, *244*(1311), 241-246. <https://doi.org/10.1098/rspb.1991.0077>
- Foster, J. L., Shipstead, Z., Harrison, T. L., Hicks, K. L., Redick, T. S., & Engle, R. W. (2014). Shortened complex span tasks can reliably measure working memory capacity. *Memory & Cognition*, *43*, 226-236. <https://doi.org/10.3758/s13421-014-0461-7>
- Funahashi, S., Bruce, C. J., & Goldman-Rakic, P. S. (1989). Mnemonic coding of visual space in the monkey's dorsolateral prefrontal cortex. *Journal of Neurophysiology*, *61*(2), 331-349. <https://doi.org/10.1152/jn.1989.61.2.331>
- Funes, M., & Lupiáñez, J. (2003). La teoría atencional de Posner: una tarea para medir las funciones atencionales de Orientación, Alerta y Control Cognitivo y la interacción entre ellas. *Psicothema*, *15*(2), 260-266. <https://reunido.uniovi.es/index.php/PST/article/view/8117/7981>
- Fuster, J. M. (2008). *The Prefrontal Cortex*. Oxford, UK: Elsevier

- Fuster, J. M., & Alexander, G. E. (1971). Neuron activity related to short-term memory. *Science*, *173*(3997), 652-654. <https://doi.org/10.1126/science.173.3997.652>
- Gazzaley, A., Rissman, J., & D'Esposito, M. (2004). Functional connectivity during working memory maintenance. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *4*(4), 580-599. <https://doi.org/10.3758/CABN.4.4.580>
- Hill, E. L. (2004). Executive dysfunction in autism. *Trends in Cognitive Sciences*, *8*(1), 26-32. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2003.11.003>
- Hirsh, J. B., Mar, R. A., & Peterson, J. B. (2012). Psychological entropy: a framework for understanding uncertainty-related anxiety. *Psychology Review*, *119*, 304-320. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/a0026767>
- Jacobson, H. (1951). The informational capacity of the human eye. *Science*, *113*(2933), 292-293. <https://doi.org/10.1126/science.113.2933.292>
- JASP Team (2023). JASP (Versión 0.17.3) [Computer software]. <https://jasp-stats.org/>
- Jones, D. M., & Macken, W. J. (1993). Irrelevant tones produce an irrelevant speech effect: Implications for phonological coding in working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *19*(2), 369. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0278-7393.19.2.369>
- Jurado, S., Villegas, M. E., Méndez, L., Rodríguez, F., Loperena, V., & Varela, R. (1998). La estandarización del Inventario de Depresión de Beck para los residentes de la Ciudad de México. *Salud Mental*, *21*(3), 26-31. http://revistasaludmental.mx/index.php/salud_mental/article/view/706/705
- Kane, M. J., Hambrick, D. Z., Tuholski, S. W., Wilhelm, O., Payne, T. W., & Engle, R. W. (2004). The generality of working memory capacity: a latent-variable approach to verbal and visuospatial memory span and reasoning. *Journal of Experimental Psychology: General*, *133*(2), 189. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0096-3445.133.2.189>
- Knight, J. R., Sherritt, L., Shrier, L. A., Harris, S. K., & Chang, G. (2002). Validity of the CRAFFT substance abuse screening test among adolescent clinic patients. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, *156*(6), 607-614. <http://doi.org/10.1001/archpedi.156.6.607>
- Koechlin, E., Ody, C., & Kouneiher, F. (2003). The architecture of cognitive control in the human prefrontal cortex. *Science*, *302*(5648), 1181-1185. <https://doi.org/10.1126/science.1088545>
- Kouneiher, F., Charron, S., & Koechlin, E. (2009). Motivation and cognitive control in the human prefrontal cortex. *Nature Neuroscience*, *12*(7), 939. <https://doi.org/10.1038/nn.2321>
- Koziol, L.F. (2014). Cognitive control, reward and the basal ganglia. In *Autor* (Ed.), *The Myth of Executive Functioning* (pp. 61-64). https://doi.org/10.1007/978-3-319-04477-4_18
- Kubota, K., & Niki, H. (1971). Prefrontal cortical unit activity and delayed alternation performance in monkeys. *Journal of Neurophysiology*, *34*(3), 337-347. <https://doi.org/10.1152/jn.1971.34.3.337>

- Kyllonen, P. C., & Christal, R. E. (1990). Reasoning ability is (little more than) working-memory capacity?!, *Intelligence*, *14*(4), 389-433. [https://doi.org/10.1016/S0160-2896\(05\)80012-1](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(05)80012-1)
- Lashley, K. S. (1951). *The problem of serial order in behavior* (Vol. 21, pp. 112-146). Oxford: Bobbs-Merrill.
- Lewandowsky, S., & Farrell, S. (2008). Phonological similarity in serial recall: Constraints on theories of memory. *Journal of Memory and Language*, *58*(2), 429-448. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2007.01.005>
- Logie, R. H. (1995). *Visuo-Spatial Working Memory*. Hove, UK: Erlbaum
- Mackie, M. A., & Fan, J. (2017). Functional neuroimaging of deficits in cognitive control. In *Executive functions in health and disease* (pp. 249-300). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803676-1.00011-8>
- Mackie, M. A., Van Dam, N. T., & Fan, J. (2013). *Cognitive control and attentional functions*. *Brain and Cognition*, *82*(3), 301-312. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2013.05.004>
- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review. *Psychological Bulletin*, *109*, 163-203. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0033-2909.109.2.163>
- Marotta, A., Delle Chiaie, R., Spagna, A., Bernabei, L., Sciarretta, M., Roca, J., Biondi, M., & Casagrande, M. (2015). Impaired conflict resolution and vigilance in euthymic bipolar disorder. *Psychiatry Research*, *229*(1-2), 490-496. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2015.06.026>
- Meneses, S. (2006). Bases neurofisiológicas de la atención. En A. A. González-Garrido & J. Ramos-Loyo (Eds.), *La atención y sus alteraciones: del cerebro a la conducta* (pp. 13-26). México: Manual Moderno.
- Miller, E. (2000). The prefrontal cortex and cognitive control. *Nature Reviews Neuroscience*, *1*(1), 59. <https://doi.org/10.1038/35036228>
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, *24*, 167-202. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.24.1.167>
- Miller, G. A., Galanter, E., & Pribram, K. H. (1960). *Plans and the structure of behavior*. Nueva York: Holt. Rinehart & Winston.
- Morton, J. B., Ezekiel, F., & Wilk, H. A. (2011). Cognitive control: Easy to identify but hard to define. *Topics in Cognitive Science*, *3*(2), 212-216. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1756-8765.2011.01139.x>.
- Mushtaq, F., Bland, A. R., & Schaefer, A. (2011). Uncertainty and cognitive control. *Frontiers in Psychology*, *2*, 249. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00249>
- Neisser, U., & Becklen, R. (1975). Selective looking: Attending to visually specified events. *Cognitive Psychology*, *7*(4), 480-494. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(75\)90019-5](https://doi.org/10.1016/0010-0285(75)90019-5)

- Norman, D.A., & Shallice, T. (1986). Attention to Action. In: R. J. Davidson, G. E. Schwartz & D. Shapiro (Eds), *Consciousness and Self-Regulation*. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-0629-1_1
- Ostrosky, F., Gómez, E., Matute, E., Rosselli, M., Ardila, A., & Pineda, D. (2012). *NEUROPSI. Atención y Memoria*. México: El Manual Moderno
- Ozonoff, S., & Jensen, J. (1999). Brief report: Specific executive function profiles in three neurodevelopmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 29(2), 171-177. <https://doi.org/10.1023/A:1023052913110>
- Padrós, B. F., Montoya, P. K. S., Bravo, C. M. A., & Martínez, M. M. P. (2020). Propiedades psicométricas del Inventario de Ansiedad de Beck (BAI, Beck Anxiety Inventory) en población general de México. *Ansiedad y Estrés*, 26(2-3), 181-187. <https://doi.org/10.1016/j.anyes.2020.08.002>
- Padrós, B. F., & Pintor-Sánchez, B. E. (2021). Estructura interna y confiabilidad del BDI (Beck Depression Inventory) en universitarios de Michoacán (México). *Revista Psicodebate: Psicología, Cultura y Sociedad.*, 21(1), 7-17. <http://dx.doi.org/10.18682/pd.v21i1.2034>
- Pardo, J., Pardo, P., Janer, K. & Raichle, M. (1990). The anterior cingulate cortex mediates processing selection in the Stroop attentional conflict paradigm. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 87(1), 256-259. <https://doi.org/10.1073/pnas.87.1.256>
- Paus, T., Petrides, M., Evans, A. C., & Meyer, E. (1993). Role of the human anterior cingulate cortex in the control of oculomotor, manual, and speech responses: a positron emission tomography study. *Journal of Neurophysiology*, 70(2), 453-469. <https://doi.org/10.1152/jn.1993.70.2.453>
- Pierce, J. R., & Karlin, J. E. (1957). Reading rates and the information rate of a human channel. *Bell System Technical Journal*, 36(2), 497-516. <https://doi.org/10.1002/j.15387305.1957.tb02409.x>
- Posner, M. I., & Dehaene, S. (1994). Attentional networks. *Trends in Neurosciences*, 17(2), 75-79. [https://doi.org/10.1016/0166-2236\(94\)90078-7](https://doi.org/10.1016/0166-2236(94)90078-7)
- Posner, M. I., & Fan, J. (2008). Attention as an organ system. In J.R. Pomerantz (Ed.), *Topics in Integrative Neuroscience* (pp. 31-61). EUA: Cambridge University Press.
- Posner, M. I., & Petersen, S. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325>
- Posner, M. I., & Rothbart, M. (1992). Attentional mechanisms and conscious experience. In *The Neuropsychology of Consciousness* (pp. 91-111). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-498045-7.50010-4>
- Price, C. J., & Friston, K. J. (2005). Functional ontologies for cognition: The systematic definition of structure and function. *Cognitive Neuropsychology*, 22(3/4), 262-275. <http://dx.doi.org/10.1080/02643290442000095>.

- Pribram, K. H., Ahumada, A., Hartog, J., & Roos, L. (1964). A progress report on the neurological processes disturbed by frontal lesions in primates. *The Frontal Granular Cortex and Behavior*, 28-55.
- Psychology Software Tools, Inc (2012). E-Prime 2.0 [software de computación]. Pittsburgh, PA: Psychology Software Tools, Inc
- R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Reyna, B. G. V., Copertari, I. L. F., González, B. F., & Padrós, B. (2016). Estudio psicométrico del instrumento CARLOS (CRAFFT) en estudiantes universitarios mexicanos. *Revista Evaluar*, 16(1). <https://doi.org/10.35670/1667-4545.v16.n1.15756>
- Robles, R., Varela, R., Jurado, S., & Páez, F. (2001). Versión mexicana del Inventario de Ansiedad de Beck: propiedades psicométricas. *Revista Mexicana de Psicología*, 18(2), 211–218.
- Rossi, A. F., Pessoa, L., Desimone, R., & Ungerleider, L. G. (2009). The prefrontal cortex and the executive control of attention. *Experimental Brain Research*, 192(3), 489-497. <https://doi.org/10.1007/s00221-008-1642-z>
- Salamé, P., & Baddeley, A. (1982). Disruption of short-term memory by unattended speech: Implications for the structure of working memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 21(2), 150-164. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(82\)90521-7](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(82)90521-7)
- Salamé, P., & Baddeley, A. (1986). Phonological factors in STM: Similarity and the unattended speech effect. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 24(4), 263-265. https://doi.org/10.3758/BF_03330135
- Shackman, A. J., Salomons, T. V., Slagter, H. A., Fox, A. S., Winter, J. J., & Davidson, R. J. (2011). The integration of negative affect, pain and cognitive control in the cingulate cortex. *Nature Reviews Neuroscience*, 12(3), 154–167. <http://dx.doi.org/10.1038/nrn2994>.
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27(3), 379–423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 298(1089), 199-209. <https://doi.org/10.1098/rstb.1982.0082>
- Singer, W. (2009). Distributed processing and temporal codes in neuronal networks. *Cognitive Neurodynamics*, 3(3), 189-196. <https://doi.org/10.1007/s11571-009-9087-z>
- Spagna, A., Dong, Y., Mackie, M. A., Li, M., Harvey, P. D., Tian, Y., Wang, K., & Fan, J. (2015). Clozapine improves the orienting of attention in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 168(1-2), 285-291. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2015.08.009>
- Spagna, A., He, G., Jin, S., Gao, L., Mackie, M. A., Tian, Y., Wang, K., & Fan, J. (2018). Deficit of supramodal executive control of attention in schizophrenia. *Journal of Psychiatric Research*, 97, 22-29. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2017.11.002>
- Stout, D. (2010). The evolution of cognitive control. *Topics in Cognitive Science*, 2(4), 614–630. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1756-8765.2009.01078.x>

- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0096-3445.121.1.15>
- Tian, Y., Du, J., Spagna, A., Mackie, M. A., Gu, X., Dong, Y., Fan, J., & Wang, K. (2016). Venlafaxine treatment reduces the deficit of executive control of attention in patients with major depressive disorder. *Scientific Reports*, 6(1), 28028. <https://doi.org/10.1038/srep28028>
- Treisman, A. (1969). Strategies and models of selective attention. *Psychological Review*, 76(3), 282. <https://doi.org/10.1037/h0027242>
- Villuendas, E. R., & Gudayol, E. (2017). Estudios de neuroimagen y de neurofisiología en la práctica clínica neuropsicológica. En M.A.Villa, M.E. Navarro & T. Villaseñor (Eds.), *Neuropsicología Clínica Hospitalaria* (pp. 33-56). México: Manual Moderno.
- Vogt, B. A., & Gabriel, M. (1993). *Neurobiology of Cingulate Cortex and Limbic Thalamus*. Boston, MA: Birkhäuser.
- Vogt, B. A., & Pandya, D. N. (1987). Cingulate cortex of the rhesus monkey: II. Cortical afferents. *Journal of Comparative Neurology*, 262(2), 271-289. <https://doi.org/10.1002/cne.902620208>
- Wang, H., Liu, X., & Fan, J. (2011). Cognitive control in majority search: a computational modeling approach. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5, 16. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2011.00016>
- Wang, X. J. (1999). Synaptic basis of cortical persistent activity: the importance of NMDA receptors to working memory. *Journal of Neuroscience*, 19(21), 9587-9603. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.19-21-09587.1999>
- Wechsler, D. (2008). *Escala Wechsler de Inteligencia para Adultos-IV (WAIS-IV)*. México: El Manual Moderno.
- Wehmeyer, M., & Schwartz, M. (1997). Self-determination and positive adult outcomes: A follow-up study of youth with mental retardation or learning disabilities. *Exceptional Children*, 63(2), 245-255. <https://doi.org/10.1177/001440299706300207>
- Wing, L. (1981). Language, social, and cognitive impairments in autism and severe mental retardation. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 11(1), 31-44. <https://doi.org/10.1007/BF01531339>
- Wu, T., Dufford, A. J., Mackie, M. A., Egan, L. J., & Fan, J. (2016). The capacity of cognitive control estimated from a perceptual decision making task. *Scientific Reports*, 6(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/srep34025>
- Yeung, N., Cohen, J. D., & Botvinick, M. M. (2011). Errors of interpretation and modeling: A reply to Grinband et al. *NeuroImage*, 57(2), 316-319. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.04.029>
- Zarahn, E., Aguirre, G., & D'Esposito, M. (1997). A trial-based experimental design for fMRI. *Neuroimage*, 6(2), 122-138. <https://doi.org/10.1006/nimg.1997.0279>

Apéndices

1. Inventario de Depresión de Beck (BDI)
2. Inventario de Ansiedad de Beck (BAI)
3. Las Preguntas CARLOS (CRAFFT)
4. Historia Clínica
5. Consentimiento Informado

BDI

Nombre y apellidos: _____ Edad: _____

Sexo: M H Número de celular o correo electrónico: _____

Instrucciones: este inventario contiene 21 grupos de afirmaciones. Lee con cuidado cada una de ellas y **señala cuál de estas afirmaciones describe mejor cómo te has sentido durante la última semana, incluyendo el día de hoy**. Ninguna respuesta es considerada buena o mala, por lo cual solicitamos respuestas honestamente. Tiempo aproximado de respuesta: 5-10 minutos.

<p>0. Yo no me siento triste. 1. Me siento triste. 2. Me siento triste continuamente y no puedo evitarlo. 3. Estoy tan triste o infeliz que no puedo soportarlo.</p>	<p>0. Yo no he perdido el interés en la gente. 1. Estoy menos interesado en la gente de lo que solía estar. 2. He perdido en gran medida el interés en la gente. 3. He perdido todo interés en la gente.</p>
<p>0. En general no me siento descorazonado por el futuro. 1. Me siento descorazonado por mi futuro. 2. Siento que no tengo nada que esperar del futuro. 3. Siento que el futuro no tiene esperanza y que las cosas no pueden mejorar.</p>	<p>0. Tomo decisiones tan bien como siempre lo he hecho. 1. Pospongo tomar decisiones más que antes. 2. Tengo más dificultad para la toma de decisiones que antes. 3. Ya no puedo tomar decisiones.</p>
<p>0. Yo no me siento como un fracasado. 1. Siento que he fracasado más que las personas en general. 2. Al repasar lo que he vivido, todo lo que veo son muchos fracasos. 3. Siento que soy un completo fracaso como persona.</p>	<p>0. Yo no siento que me vea peor de cómo me veía. 1. Estoy preocupado por verme viejo o poco atractivo. 2. Siento que hay cambios permanentes en mi apariencia que me hacen ver poco atractivo. 3. Creo que me veo feo.</p>
<p>0. Obtengo tanta satisfacción de las cosas como solía hacerlo. 1. Yo no disfruto de las cosas de la manera como solía hacerlo. 2. Yo no obtengo verdadera satisfacción de nada. 3. Estoy insatisfecho o aburrido con todo.</p>	<p>0. Puedo trabajar tan bien como antes. 1. Requiero de más esfuerzo para iniciar algo. 2. Tengo que obligarme para hacer algo. 3. Yo no puedo hacer ningún trabajo.</p>
<p>0. En realidad yo no me siento culpable. 1. Me siento culpable una gran parte del tiempo. 2. Me siento culpable la mayor parte del tiempo. 3. Me siento culpable todo el tiempo.</p>	<p>0. Puedo dormir tan bien como antes. 1. Ya no duermo tan bien como solía hacerlo. 2. Me despierto una o dos horas más temprano de lo normal y me cuesta trabajo volverme a dormir. 3. Me despierto muchas horas antes de lo que solía hacerlo y no me puedo volver a dormir.</p>
<p>0. Yo no me siento que esté siendo castigado. 1. Siento que podría ser castigado. 2. Espero ser castigado. 3. Siento que he sido castigado.</p>	<p>0. Yo no me canso más de lo habitual. 1. Me canso más fácil de lo que solía hacerlo. 2. Con cualquier cosa que haga me canso. 3. Estoy muy cansado para hacer cualquier cosa.</p>
<p>0. Yo no me siento desilusionado de mí mismo. 1. Estoy desilusionado de mí mismo. 2. Estoy disgustado conmigo mismo. 3. Me odio.</p>	<p>0. Mi apetito no ha disminuido. 1. No tengo tan buen apetito como antes. 2. Ahora tengo mucho menos apetito. 3. He perdido completamente el apetito.</p>
<p>0. Yo no me siento que sea peor que otras personas. 1. Me critico a mí mismo por mis debilidades o errores. 2. Me culpo todo el tiempo por mis fallas. 3. Me culpo por todo lo malo que sucede.</p>	<p>0. Yo no he perdido mucho peso últimamente. 1. He perdido más de dos kilogramos. 2. He perdido más de cinco kilogramos. 3. He perdido más de ocho kilogramos. * A propósito estoy tratando de perder peso comiendo menos Sí _____ No _____</p>
<p>0. Yo no tengo pensamientos suicidas. 1. Tengo pensamientos suicidas pero no los llevaría a cabo. 2. Me gustaría suicidarme. 3. Me suicidaría si tuviera la oportunidad.</p>	<p>0. Yo no estoy más preocupado de mi salud que antes. 1. Estoy preocupado acerca de problemas físicos tales como dolores, malestar estomacal o constipación. 2. Estoy muy preocupado por problemas físicos y es difícil pensar en algo más. 3. Estoy tan preocupado por mis problemas físicos que no puedo pensar en ninguna otra cosa.</p>
<p>0. Yo no lloro más de lo usual. 1. Llora más ahora de lo que solía hacerlo. 2. Actualmente lloro todo el tiempo. 3. Antes podía llorar, pero ahora no lo puedo hacer a pesar de que lo deseo.</p>	<p>0. Yo no he notado ningún cambio reciente en mi interés por el sexo. 1. Estoy menos interesado en el sexo de lo que estaba. 2. Estoy menos interesado en el sexo ahora. 3. He perdido completamente mi interés por el sexo.</p>
<p>0. Yo no estoy más irritable de lo que solía estar. 1. Me enoja o irrita más fácilmente que antes. 2. Me siento irritado todo el tiempo. 3. Ya no me irrita de las cosas por las que solía hacerlo.</p>	

BAI

Nombre y apellidos: _____ Edad: _____

Sexo: M H Número de celular o correo electrónico: _____

Instrucciones: a continuación se presentan una lista de síntomas característicos de la ansiedad. Lee con cuidado cada uno de ellos y **señala el grado en que te han molestado durante la última semana, incluyendo el día de hoy**. Ninguna respuesta es considerada buena o mala, por lo cual solicitamos respuestas honestamente. Tiempo aproximado de respuesta: 5-10 minutos.

	Nada	Ligeramente	Moderadamente	Severamente
1. Entumecimiento, hormigueo				
2. Oleadas de calor o bochornos				
3. Debilidad y temblor en las piernas				
4. Incapaz de relajarme				
5. Miedo a que pase lo peor				
6. Sensación de mareo				
7. Palpitaciones o aceleración cardíaca				
8. Falta de equilibrio				
9. Terror				
10. Nerviosismo				
11. Sensación de ahogo				
12. Temblor en las manos				
13. Agitación				
14. Miedo a perder el control				
15. Dificultad para respirar				
16. Miedo a morir				
17. Asustado				
18. Indigestión o molestias estomacales				
19. Desmayos				
20. Enrojecimiento de la cara				
21. Sudoración (no por calor)				

CRAFFT

Nombre y apellidos: _____ Edad: _____

Sexo: M H Número de celular o correo electrónico: _____

Instrucciones: enseguida encontrarás algunas preguntas sobre el consumo de alcohol y drogas. **Lee con cuidado cada una de ellas y respóndelas honestamente.** Ninguna respuesta es considerada buena o mala y tus respuestas sólo se utilizarán con fines de investigación. Tiempo aproximado de respuesta: 5-10 minutos.

Durante los ÚLTIMOS 12 MESES:	SÍ	NO
A. ¿Bebiste alcohol (aunque sea un sorbo)?		
B. ¿Fumaste marihuana?		
C. ¿Inhalaste alguna sustancia como thinner, pegamento, aerosoles, etcétera?		
D. ¿Usaste alguna otra droga ilegal (como cocaína), drogas sintéticas (como tachas), hongos, etcétera?		

Si contestaste **NO** a las preguntas A, B, C, y D responde sólo la pregunta 1.

Si contestaste **SÍ** a las preguntas A, B, C, y D responde el resto de las preguntas.

Durante los ÚLTIMOS 12 MESES:	SÍ	NO
1. ¿Has viajado en un coche conducido por alguien (incluido tú) que haya consumido alcohol o drogas?		
2. ¿Has usado alguna vez drogas o alcohol para relajarte, sentirte bien o sentirte incluido en un grupo social?		
3. ¿Has usado drogas o alcohol cuando estás solo?		
4. ¿Has olvidado las cosas alguna vez que hayas consumido alcohol o drogas?		
5. ¿Te han dicho tus amigos o familia que debes bajar el consumo de alcohol o drogas?		
6. ¿Has tenido algún problema relacionado con el consumo de alcohol o drogas? Se incluyen situaciones muy graves (accidente automovilístico, encarcelamiento, etcétera) y también de menor gravedad (conflicto familiar, reprobar una materia, no asistir a una clase, etcétera).		

HISTORIA CLÍNICA

Datos Sociodemográficos

Nombre:

Sexo: (M) (H)

Edad:

Clave:

Lateralidad:

Escolaridad:

Estado Civil:

Ocupación:

Dirección:

Teléfono:

Correo Electrónico:

Antecedentes Clínicos

Alteraciones del Desarrollo

(SI) (NO)

Tipo:

Enfermedades Neurológicas

(SI) (NO)

Tipo:

Enfermedades Psiquiátricas

(SI) (NO)

Tipo:

Intervenciones Neuroquirúrgicas

(SI) (NO)

Tipo:

Dependencia o abuso de sustancias

(SI) (NO)

Usa lentes

(SI) (NO)

Cumple con los criterios de Inclusión

(SI) (NO)

Acepta participar

(SI) (NO)

Fecha de la evaluación (**sesión 1**):

Fecha de la evaluación (**sesión 2**):

Investigador (a):

Consentimiento informado

Estimado(a) participante,

Como parte de los requisitos de titulación de la Maestría en Psicología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, llevo a cabo un proyecto de investigación denominado: **“Control cognitivo y su relación con distintas tareas de memoria de trabajo”**. El objetivo general del estudio es analizar la relación entre el control cognitivo y la resolución de distintas tareas de memoria de trabajo. Su participación consistirá en asistir a dos sesiones con una duración aproximada de dos horas, en las responderá un total de 7 breves tareas y dos pruebas computarizadas. Debido a la contingencia epidemiológica, en ambas sesiones se tomarán las medidas necesarias de sanitización antes y después de su ingreso al laboratorio; además, es importante que acuda portando su cubrebocas.

Es importante señalar que ninguna de las actividades antes mencionadas tendrá costo para usted y que su participación no implica beneficio monetario. El estudio no constituye ningún tipo de riesgo ya que no le serán administrados medicamentos, ni se le realizarán procedimientos que pongan en riesgo su salud física o emocional. La información obtenida durante toda la investigación será estrictamente confidencial y su nombre no será utilizado. Usted tiene el derecho de abandonar la investigación en cualquier momento sin necesidad de dar explicación o justificación alguna. En caso de requerirlo, el equipo de investigación se compromete a responder sus dudas en todo momento.

Investigador principal: Sarahi del Carmen Manríquez Calderón, estudiante de la Maestría en Psicología de la UMSNH. 0942739e@umich.mx

Director de la Investigación: Dr. Erwin Rogelio Villuendas González, profesor investigador de Facultad de Psicología de la UMSNH. erwin.villuendas@umich.mx

He leído el procedimiento descrito arriba. El investigador me ha explicado el estudio y respondido mis dudas. Voluntariamente, y sin presión alguna doy mi consentimiento para participar en el estudio sobre *Control cognitivo y su relación con distintas tareas de memoria de trabajo*. He recibido copia de este consentimiento.

Nombre completo del participante (nombres y apellidos)

Firma del participante: _____ Fecha: _____