

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

MECANISMOS RELACIONADOS CON LOS LÍMITES DE LA CAPACIDAD  
DE MDT: VALORACIÓN DESDE LA HIPÓTESIS DE DECAIMIENTO Y DE  
INTERFERENCIA

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de  
Posgrado en Ciencias Cognoscitivas para optar al grado y título de Maestría  
Académica en Ciencias Cognoscitivas.

JOHANNA SIBAJA MOLINA

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica  
2022

## Dedicatoria

*A mi mamá:* Ma, gracias a todo tu esfuerzo hoy soy capaz de cosechar estos logros. No olvido los sacrificios que tuvimos que hacer para tener la oportunidad de estudiar y lograr entrar a la Universidad para cumplir tantos sueños.

*Harry y Yenory:* Mis hermanos y cómplices de vida. Desde pequeños entendimos que entre los tres nos teníamos que proteger y apoyar. Gracias porque ese apoyo lo he sentido hasta el día de hoy. Gracias por existir.

*A Chris:* Hace más de 15 años que sos compañero incondicional de vida. Tal cual lo dice Benedetti: “si te quiero es porque sos mi amor mi cómplice y todo y en la calle codo a codo somos mucho más que dos” Gracias por apuntarte a construir un proyecto de vida que se basa en el respeto y el aprendizaje en conjunto. Me encanta ver cómo alcanzamos metas individuales y conjuntas, y que eso sea el fruto de un compromiso afectivo que nos prometimos tener. TE AMO.

*A Mati:* desde que estabas en mi vientre has formado parte de toda esta historia académica. En medio de los momentos de alegrías y de tristezas has sido una pieza clave para que mi esfuerzo no se disipara. Quiero pensar que este esfuerzo a nivel profesional también será favorable para que vos tengás mejores condiciones de vida que te permitan alcanzar tus propios sueños. Tené siempre presente que ningún título superará la gratificación del título que vos me diste: ser tu mamá.

*A las neuro-chicas:* Encontrarlas en este espacio académico fue como una tabla de salvación que me mantuvo a flote. Agradezco tanto a la vida el privilegio de compartir con ustedes y experimentar sin lugar a duda ese sentimiento hermoso de la sororidad. Ojalá sigamos juntas, aportando a construir espacios donde otras mujeres sientan, sin titubeos, que estos también son lugares a los que pertenecen.

*Esta tesis es dedicada a toda mi Tribu, que me han permitido soñar y llegar hasta aquí*

## **Agradecimiento**

Esta tesis fue posible gracias a la colaboración del personal y estudiantes de la Escuela Nueva Laboratorio Emma Gamboa. Gracias por el espacio y el tiempo brindado para que este trabajo fuese posible.

Gracias a las personas que fueron asistentes en esta experiencia de investigación. Definitivamente sin su compromiso esto no hubiese sido posible. Me siento muy orgullosa del trabajo que queda aquí reflejado, sobre todo porque es el resultado de un trabajo en equipo, que contiene muchas de sus sugerencias, su atención a los detalles y aportes de su capacidad autodidacta en el aprendizaje. Quienes fueron asistentes saben que tienen toda mi admiración y mi respeto. Muchos éxitos como profesionales, estoy segura de que así será.

También estoy sumamente agradecida con el apoyo del personal del Centro de Investigación en Neurociencias, sobre todo con Janeth, nuestra jefa administrativa, que sabe lo invaluable que es su labor para nuestro quehacer académico. A la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, gracias por el aporte de fondos económicos para llevar a cabo los objetivos de investigación propuestos.

A mi equipo asesor, Ana María Carmiol y Ximena del Río, por su tiempo y sus observaciones pertinentes, que permitieron mejorar tanto la propuesta de investigación como la comunicación de los resultados.

Finalmente, este trabajo logró culminarse gracias al acompañamiento académico de mi tutor Odir Rodríguez-Villagra. Odir, el trabajo que usted realiza y la forma en que ha desarrollado su carrera académica es de mucha inspiración. Le agradezco su voto de confianza, su paciencia y su apertura para compartir su conocimiento de la manera tan asertiva como lo hizo. Si bien, este ha sido el reto académico más grande que he tenido hasta ahora, considero que su guía fue fundamental para lograr descubrir nuevas habilidades, y sentirme cómoda en campos de la ciencia que pensé que me serían ajenos. Le agradezco no solo su acompañamiento académico, sino también sus palabras de aliento en aquellos momentos en que estas fueron necesarias para no claudicar.

“Esta Tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Cognoscitivas de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Académica en Ciencias Cognoscitivas”



---

Ph.D. Isaura Castillo Hernández  
**Representante de la decana del Sistema de Estudios de Posgrado**



---

Ph.D. Odir Rodríguez Villagra  
**Profesor Tutor**



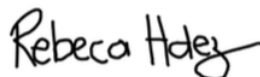
---

Ph.D Ana María Carmiol Barboza  
**Lectora**



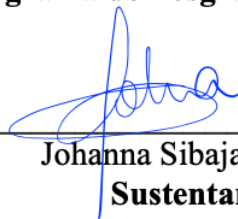
---

M.A. Ximena del Río Urrutia  
**Lectora**



---

M.Sc. Rebeca Hernández Gamboa  
**Representante Programa de Posgrado en Ciencias Cognoscitivas**



---

Johanna Sibaja Molina  
**Sustentante**

## Tabla de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Hoja de aprobación	iv
Resumen	vi
Lista de tablas	vii
Introducción al estudio	1
El presente estudio	9
Objetivos	9
Método	10
Participantes	10
Procedimiento	13
Instrumentos	14
Operacionalización de las variables del estudio	20
Hipótesis planteadas	21
Análisis de resultados	24
Discusión	42
Sobre la manipulación metodológica	42
Sobre la capacidad de la MdT en niñez escolar:	45
Valoración de parámetros que explican los límites de la capacidad de la MdT	47
Conclusiones	49
Referencias	42
Anexo 1. Consentimiento informado	56

## Resumen

La memoria de trabajo es una capacidad cognitiva altamente asociada con el aprendizaje y el desarrollo cognitivo. Su desempeño se relaciona con la resolución de problemas, el desempeño lingüístico y académico, las actividades de la vida diaria y la salud mental. La memoria de trabajo es una capacidad cognitiva limitada, y se han propuesto varios modelos para explicar los factores que la limitan. Dos de estos modelos son: 1) el de recursos compartidos basados en el tiempo, y 2) el de interferencia entre representaciones mentales. En este estudio se desarrolló una tarea del paradigma de amplitud compleja, que propone manipulaciones experimentales con el objetivo de obtener evidencia respecto a los modelos que explican los límites de la memoria. Asimismo, en este trabajo se exploró el desarrollo de la capacidad de memoria de trabajo en tres grupos de niños y niñas en edad escolar, con edades entre los 8.50 y 13.29 años.

*Método:* Niños y niñas participantes formaron parte de un estudio principal, dentro del cual se aplicaron las tres versiones del mismo paradigma de tareas de amplitud compleja. Se implementaron modelos lineales de efectos mixtos (i.e., fijos y aleatorios), con el objetivo de conocer la influencia de la edad, la demanda de memoria, la carga cognitiva y el tipo de proceso ejecutivo sobre la precisión de respuestas correctas y el tiempo de respuesta en la tarea secundaria. Los participantes y los ensayos fueron incluidos como variables aleatorias.

*Resultados:* Los datos aportan evidencia de una adecuada manipulación experimental en la tarea diseñada. Se corroboró que la capacidad de memoria de trabajo mejora con la edad. Además, no se evidenció que la carga cognitiva tuviera un efecto sobre el desempeño en las tareas, y se identificó que el modelo de interferencia podría explicar mejor los datos, tomando en cuenta el efecto que generan las diferentes representaciones mentales activas en el espacio cognitivo durante la tarea.

## **Lista de tablas:**

Tabla 1. Cantidad de niños, niñas, y edades según grupos en el análisis. ....	p. 11
Tabla 2. Características socioeconómicas de las familias .....	p. 11
Tabla 3. Distribución de los Ingresos Económicos Reportados según Quintiles a Nivel Nacional durante el año 2018, en Zonas Urbanas.....	p. 12
Tabla 4. Proporción de respuestas correctas.....	p. 27
Tabla 5. Tiempos de respuesta en la tarea secundaria .....	p. 28
Tabla 6. Secuencia de evaluación de los modelos e índices de ajuste.....	p. 30
Tabla 7. Parámetros estimados del modelo de carga cognitiva respecto a la proporción de respuestas correctas.....	p.38
Tabla 8. Parámetros estimados del modelo de interferencia respecto a la proporción de respuestas correctas. ....	p. 39
Tabla 9. Parámetros estimados del modelo de tiempo de respuesta.....	p. 41

## **Lista de figuras:**

Figura 1. Ejemplo de un ensayo de una tarea tipo amplitud compleja .....	p. 2
Figura 2. Representación de la duración de la captura atencional.....	p. 5
Figura 3. Ilustración esquemática de ensayos en que se varía la CC.....	p. 6
Figura 4. Ejemplo de la tarea de MdT visoespacial.....	p. 16
Figura 5. Ejemplo de la tarea de Actualización.....	p. 17
Figura 6. Comparación de tiempos de respuesta .....	p. 29

## **Lista de abreviaturas:**

CC.....	Carga Cognitiva
CCA.....	Carga Cognitiva Alta
CCB.....	Carga Cognitiva Baja
EP.....	Eventos de procesamiento
MdT.....	Memoria de trabajo
TBRS.....	Modelo de recursos compartidos basado en el tiempo
VCC.....	Valor de acuerdo a condición de carga cognitiva



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

SEP Sistema de  
Estudios de Posgrado

**Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.**

Yo, Johanna Sibaja Molina, con cédula de identidad 1113770109, en mi condición de autor del TFG titulado Mecanismos relacionados con los límites de la  
trabajo: valoración desde la hipótesis de decaimiento y de interferencia.

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI  NO \*

\*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: \_\_\_\_\_ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

**INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE:**

Nombre Completo: Johanna Sibaja Molina

Número de Carné: A13475 Número de cédula: 111370109

Correo Electrónico: johannasibaja@gmail.com

Fecha: 28/07/2022 Número de teléfono: 8871-2476

Nombre del Director (a) de Tesis o Tutor (a): Odir Rodríguez Villagra

**FIRMA ESTUDIANTE**

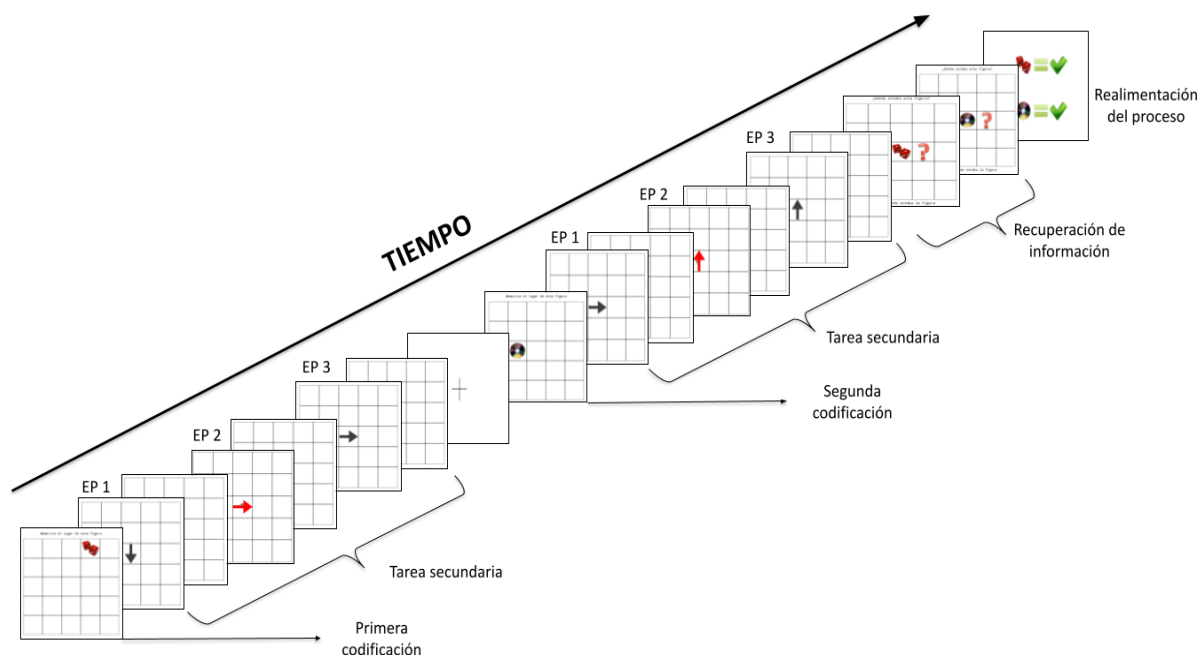
Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

La memoria de trabajo (MdT) es una capacidad cognitiva limitada que permite mantener y manipular, de forma simultánea y temporal, las representaciones mentales requeridas para resolver tareas cognitivas complejas (Baddeley & Hitch, 1975; Bayliss et al., 2003). Por sus características, ha sido identificada como elemento relevante del desarrollo cognitivo en la niñez (Cowan, 2016), e indispensable para procesos de aprendizaje escolar (Alloway & Alloway, 2010), como la lectura y la comprensión lectora (Christopher et al., 2012; Swanson et al., 2009). Asimismo, está muy relacionada con habilidades de razonamiento (Oberauer et al., 2008).

La MdT muestra ser una habilidad cognitiva importante en el desempeño en tareas cognitivas complejas, debido a que es un sistema que facilita el acceso a las estructuras de las representaciones mentales. En detalle, Oberauer (2009), plantea que la MdT presenta las siguientes seis características: 1) permite mantener las representaciones mentales mediante enlaces dinámicos, 2) es un sistema en el que se manipulan las estructuras de las representaciones mentales, 3) permite una reconfiguración flexible de las representaciones, 4) desacopla de manera parcial la información desde memoria a largo plazo, 5) recupera de manera controlada la información desde la memoria a largo plazo, y 6) codifica nuevas representaciones en memoria a largo plazo. Por estas características, su estudio se torna relevante cuando el objetivo es comprender los aspectos que varían durante el desarrollo, sobre todo, en situaciones que representan diversos retos de aprendizaje. Al respecto, Cowan, (2016) ha planteado que muchos de los aspectos del desarrollo cognitivo, el aprendizaje y la educación se vinculan con las variaciones en habilidades como la MdT.

Uno de los paradigmas más utilizados para evaluar la capacidad de MdT es el que utiliza tareas de amplitud compleja (Conway et al., 2005; Daneman & Carpenter, 1980). Estas tareas tienen por objetivo utilizar de forma concurrente los componentes generales de la MdT (i.e.

mantenimiento y procesamiento). La MdT medida con este tipo de tareas, muestra alta correlación con procesos cognitivos de alto nivel como el razonamiento, la resolución de problemas, la inteligencia, entre otros, (Barrouillet & Lecas, 1999; Kane et al., 2004; L epine et al., 2005). En una tarea de amplitud compleja se requiere codificar elementos y mantenerlos en memoria, mientras se realiza una tarea secundaria, la cual puede ser una operaci3n aritmética, lectura de enunciados, contar puntos, etc. (Redick et al., 2012). Posterior a esto, se deben recuperar los elementos codificados. Al final de la tarea, el indicador de capacidad de MdT es determinado por el número máximo de elementos que se lograron recordar (ver figura 1).



**Figura 1.** Ejemplo de un ensayo de una tarea de amplitud compleja. En este ensayo se presentan dos objetos por codificar (e.g. primero un dado y luego un disco). Entre la aparici3n del primero y el segundo objeto debe realizarse una tarea secundaria. La tarea secundaria está conformada por tres eventos de procesamiento (EP). En cada EP aparece una flecha. Si la flecha es negra, se debe dar clic una casilla en la direcci3n que se apunta; en caso de ser verde debe darse clic en la casilla en la direcci3n contraria a la señalada. Al final del ensayo se solicita recuperar la ubicaci3n de los elementos codificados en el orden secuencial de aparici3n. Por último, se ofrece realimentaci3n del desempeño en el ensayo.

A nivel de investigación es importante no sólo conocer los indicadores globales de desempeño en las tareas de MdT, sino también precisar la dinámica que se desarrolla entre sus componentes. Esto permitiría comprender por qué algunos elementos codificados no logran recuperarse al final de la tarea. Al respecto, se han planteado diversas hipótesis que buscan explicar los factores que limitan la capacidad de la MdT, entre ellas las que argumentan que el paso del tiempo es el responsable del decaimiento de las representaciones mentales (Baddeley & Hitch, 1975; Barrouillet et al., 2004; Towse et al., 2000), y las que proponen que la capacidad de MdT es el resultado de la interferencia entre las representaciones mentales (Nairne, 1990; Oberauer et al., 2012; Oberauer & Kliegl, 2006; Saito & Miyake, 2004).

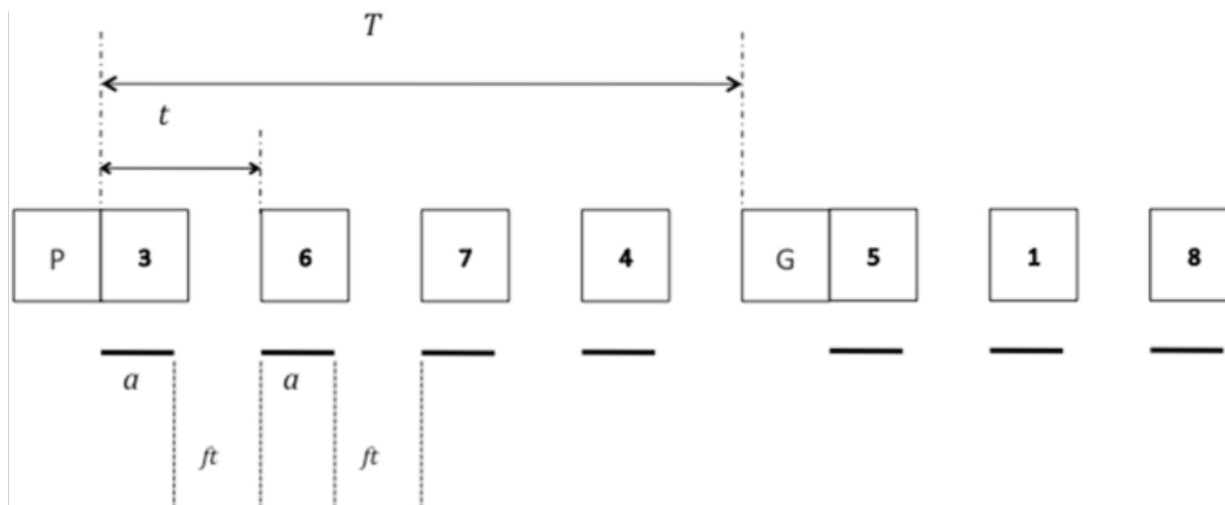
Dentro de la primera hipótesis se puede ubicar el modelo de recursos compartidos basado en el tiempo (TBRS, por sus siglas en inglés, Barrouillet et al., 2004). Según este modelo, el paso del tiempo genera un decaimiento en la activación de las representaciones mentales, las cuales pueden ser reactivadas vía ensayo sub vocálico (Baddeley et al., 1984) o refrescamiento vía atención (Camos et al., 2009). El primero consiste en un proceso de ensayo basado en mecanismos del habla, en que de manera sub vocálica se repite el elemento codificado (i.e., recitar mentalmente “dado” “disco”, “dado”, “disco”), permitiendo la reactivación de sus representaciones. El segundo consiste en una rápida redirección del recurso atencional hacia el elemento codificado, para restaurar su degradación (Tam et al., 2010).

La atención es el recurso ejecutivo que permite controlar, sostener, mantener y recuperar los elementos necesarios durante una tarea cognitiva (Kane & Engle, 2003). Es además, un sistema de dominio general, lo que implica que debe ser compartido entre los componentes de mantenimiento y procesamiento; situación que genera un cuello de botella en MdT, ya que esta solo podrá estar enfocada en uno de los componente a la vez (Portrait et al., 2009).

El modelo plantea que durante los eventos de procesamiento (EP), se dan cambios rápidos del recurso atencional hacia el mantenimiento, lo cual permite reactivar los elementos codificados -la memoranda- (Barrouillet et al. 2004). De acuerdo con lo anterior, cuando el recurso atencional está enfocado en el procesamiento desatiende la memoranda, lo que implica que su activación decaiga debido al transcurrir del tiempo (Barrouillet & Camos, 2012). De ahí que sea necesario que, durante los periodos de tiempo libre en fases de procesamiento, se realicen cambios rápidos del foco atencional para contrarrestar el decaimiento de la activación de la memoranda. Si el tiempo que requiere el procesamiento es poco con relación al tiempo disponible en el ensayo, se asume que la demanda del recurso atencional es baja y, por tanto, se dispondrá de más tiempo para reactivar la memoranda. Así, la carga cognitiva (CC; Barrouillet et al. 2004) se define como la proporción del tiempo que las tareas de procesamiento requieren del recurso atencional.

Para probar esta hipótesis se utilizó una tarea computarizada en la cual se presentaba una serie de elementos por memorizar, para su posterior recuperación; por ejemplo, letras. Cada letra era seguida por una serie de distractores que aparecían sucesivamente en la pantalla a un ritmo fijo, en este caso eran números para los que había que realizar un juicio de paridad (Barrouillet & Camos, 2015). Las tareas utilizadas en este modelo asignan tiempos fijos para la fase de procesamiento, donde el tiempo disponible para procesar y responder ante el estímulo distractor es igual a lo largo del ensayo (ver figura 2). En estas circunstancias, el aumento en el número de elementos distractores no afecta el desempeño en la tarea, dado que la CC permanece constante (Barrouillet et al. 2004). Por tanto, lo que supone este modelo es que el desempeño en una tarea de MdT no se explica ni por la cantidad de distractores ni por la duración total del ensayo, sino por la CC, la cual refleja la proporción de tiempo que se dedica el recurso atencional al

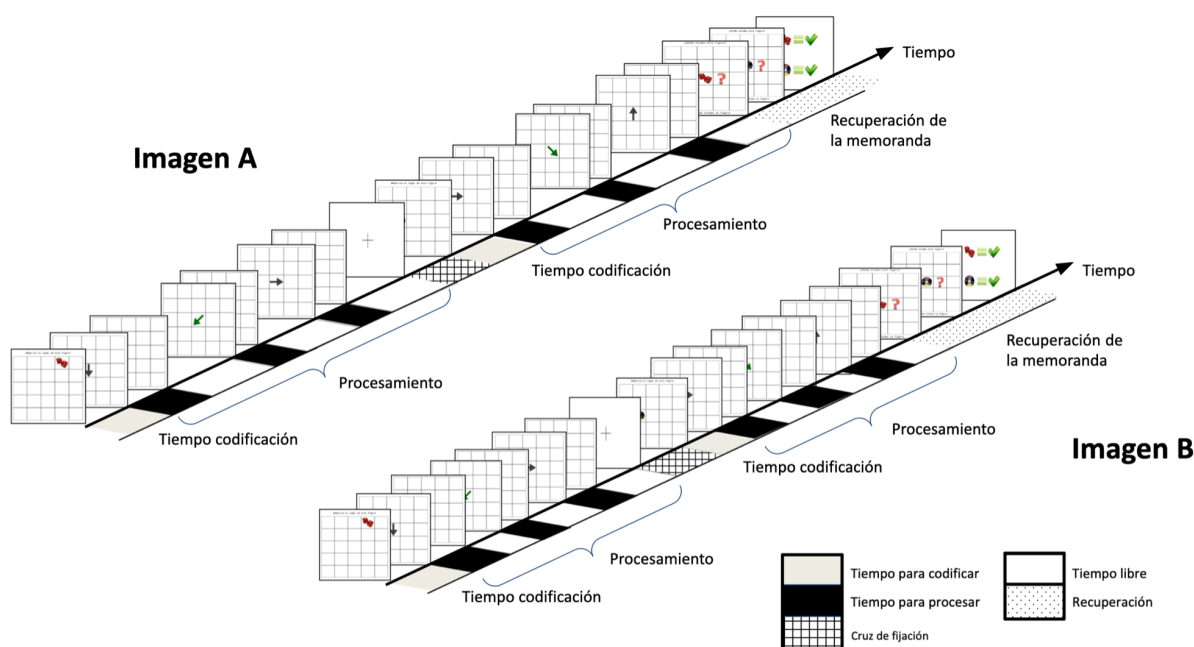
procesamiento de la información y al mantenimiento de la memoranda, contrarrestando su decaimiento (Barrouillet & Camos, 2001; Camos et al., 2009).



**Figura 2** Tomado de Barrouillet & Camos, (2014). Las barras negras debajo de cada dígito representan la duración de la captura atencional que requiere realizar la tarea de juicio de paridad, es decir la duración de cada distractor (o evento de procesamiento, como se le llama en la presente propuesta), el cual se representa con la letra *a*. Por su parte *t* es el tiempo disponible para procesar el estímulo distractor y *N* es el número de distractores que aparecen luego de cada elemento. *T* es el total de tiempo disponible para el procesamiento de todos los distractores que se presentan entre dos elementos por codificar. De manera que la CC correspondería a  $CC = aN/T$  (Barrouillet & Camos, 2014).

A diferencia de las tareas utilizadas por Barrouillet y sus colaboradores, en el presente estudio se propuso el diseño de pruebas cuyo tiempo disponible para el procesamiento se asigna según el desempeño individual de la persona participante, esto con el fin de disminuir el estrés generado por las restricciones de tiempo en tareas de MdT (Ecker & Lewandowsky, 2012). Por tanto, el tiempo varía en función de la condición experimental asignada, sea CC baja (CCB) o CC alta (CCA). En los ensayos de CCB el tiempo de respuesta en los EP se multiplicó por 1.6, y su resultado se asignó en el tiempo libre posterior al EP. En los ensayos de CCA, el tiempo de respuesta del EP se multiplicó por 0.6, que igualmente se asignó como un tiempo libre luego del EP (ver figura 3; más detalle en el apartado de metodología). Ambos parámetros de tiempo fueron asignados de acuerdo con los rangos de tiempo requeridos para refrescar, identificados en

la evaluación en niños realizada por Barrouillet et al., (2009). Así, los ensayos con CCB otorgarán más tiempo libre durante la fase de procesamiento para redirigir la atención y reactivar la memoranda; contrario a los ensayos de CCA donde, según las hipótesis planteadas por el modelo TBRS, se dará una baja o nula recuperación de los elementos codificados (Gavens & Barrouillet, 2004). Lo anterior ha sido ampliamente estudiado mediante el uso de tareas de amplitud compleja en personas adultas (Barrouillet et al. 2004 ; Barrouillet & Camos, 2012), tanto en modalidad verbal (Barrouillet et al., 2007), como viso-espacial, y se ha sugerido un funcionamiento similar en niños (Gavens & Barrouillet, 2004; Vergauwe et al., 2009).



**Figura 3** Ilustración esquemática de ensayos en que se varía la CC. En ambos ensayos la duración de los EP es similar, lo que varía es el tiempo libre que se asigna posterior al EP, según condición de CC. En la imagen A se muestra un ensayo de CCB, donde el tiempo de respuesta en el EP se multiplica por 1.6 y el resultado se asigna como tiempo libre, suponiendo más tiempo libre para destinar el recurso atencional a la reactivación de la memoranda. En la imagen B se muestra un ensayo de CCA, donde el tiempo de respuesta del EP se multiplica por 0.6 limitando el tiempo libre disponible luego del EP.

La otra hipótesis que explica las limitaciones en la MdT es la de interferencia entre las representaciones mentales. Se puede entender una representación mental, como una traza de

memoria compuesta por un conjunto de vectores o lista de características que pueden diferir en valor y en tipo (Nairne, 1990, p. 252). Además, las características que forman parte de las representaciones mentales pueden estar vinculadas con un contexto particular (Oberauer & Kliegl, 2006). Partiendo del principio de que la memoria evita codificar información redundante (Farrell & Lewandowsky, 2002), se propone que una misma característica no puede ser parte de dos representaciones al mismo tiempo (Oberauer & Kliegl, 2006); siendo que si una nueva representación mental contiene características similares a otra representación en MdT, habrá traslape entre las características de las representaciones. Desde los modelos de interferencia no se plantean mecanismos de ensayo para reactivar la memoranda, sino que los mecanismos para controlar el contenido de la MdT y minimizar el grado de interferencia se relaciona con la habilidad de mantener el foco de atención en la información relevante y remover los distractores (Farrell et al., 2016). De esta forma, la MdT se limita en la medida en que aumentan las representaciones mentales activas. Esto porque a mayor cantidad de representaciones mentales, mayor es la probabilidad de que se existan características comunes entre ellas y, por ende, mayor grado de interferencia (Oberauer et al., 2016a). Así, el resultado de los procesos de interferencia puede degradar la memoranda, y con ello una menor probabilidad de recuperar el elemento codificado (Oberauer et al., 2016; Oberauer & Kliegl, 2006; Saito & Miyake, 2004). Se han identificado al menos tres tipos de interferencia (ver detalle en Oberauer et al, 2016), a saber: por sobreescritura (cuando dos elementos comparten una misma característica dicha característica será asignada solo a uno de ellos), sobreposición (cuando las características en dos elementos tienden a formar un patrón de activación el cual se codifica de manera conjunta, lo que distorsiona las particularidades de cada elemento, y dificulta su distinción a la hora de recuperarlos), o por confusión (cuando las características activadas en MdT son tan similares la

una a la otra que se confunden a la hora de recuperar la información). A diferencia de la hipótesis de decaimiento, se propone que el tiempo no es un factor que explique la degradación de las representaciones en MdT; más bien, las características que constituyen la memoranda, el contexto y el material irrelevante (e.g., distractores) interactúan entre sí facilitando o deteriorando su recuperación (Lewandowsky & Farrell, 2008; Oberauer et al., 2012b; Oberauer & Kliegl, 2006).

El efecto de la interferencia también ha sido estudiado mediante el uso del paradigma de tareas de amplitud compleja, ya que en este tipo de tareas los eventos de procesamiento funcionan como distractores, los cuales introducen información irrelevante que afectará la información previamente codificada (Oberauer et al., 2012). Esto se debe a que las representaciones mentales activadas durante la fase del procesamiento ocupan el mismo espacio de activación de la memoranda, lo cual puede generar que la información distractora se asocie con características de las representaciones del contexto actual (Lewandowsky et al., 2010). Por ejemplo, en el uso de la tarea amplitud de lectura (Daneman & Carpenter, 1980), se ha encontrado que si las características de las representaciones que se manipulan en el procesamiento son similares a las utilizadas en el mantenimiento, hay una menor recuperación de la memoranda (Saito & Miyake, 2004), es decir, en casos en que las representaciones utilizadas en el procesamiento tuvieran una modalidad (e.g, viso espacial, verbal) distinta a la utilizada en el mantenimiento, se lograron recuperar más elementos de memoria. Esto se explicaría porque al mantener y manipular representaciones de la misma modalidad aumenta la probabilidad de que características fonológicas, semánticas, ortográficas, etc, se traslapen, incrementando la posibilidad de la degradación de la memoranda o incrementando la cantidad de errores por intrusiones (Saito & Miyake, 2004).

## **El presente estudio**

Considerando la discusión sobre las limitaciones de la capacidad de MdT (Oberauer et al., 2016), este estudio tuvo por objetivo valorar algunos parámetros relacionados con la hipótesis de decaimiento y con la hipótesis de interferencia como mecanismos relacionados con los límites de la capacidad de MdT. Para ello se desarrollaron tres tareas de amplitud compleja en modalidad viso espacial, con el fin de explorar el desempeño de la MdT de estudiantes escolares en función de: a) edad, b) demanda de memoria de la tarea, c) carga cognitiva de la tarea; d) tipo de procesamiento ejecutivo evocado en la tarea secundaria (i.e., inhibición de respuestas dominantes; flexibilidad cognitiva y, actualización de las representaciones mentales).

Las tareas fueron aplicadas en una muestra de niños y niñas en edad escolar, en modalidad viso espacial, dado que actualmente la mayoría de los resultados que discuten las limitaciones en MdT se basan en población adulta y se apoyan en tareas de modalidad verbal. Además, porque la evidencia que se apoya en tareas visoespaciales es ambigua (Oberauer et al 2016), y limitada. Otro de los aspectos relevantes para el uso de tareas en modalidad viso espacial es su utilidad en futuras propuestas de investigación que involucren el tema de dislexia, ya que tareas con modalidad verbal pueden mostrar limitaciones metodológicas debido a las características de esta condición de desarrollo (Smith-Spark, & Fisk, 2007). El abordaje experimental de este estudio examinó parámetros relacionados con el decaimiento y con la interferencia, con el objetivo de discernir cuál modelo presenta mejor ajuste a los datos.

## **Objetivos**

*Objetivo general:*

Valorar el papel de parámetros relacionados con la hipótesis de decaimiento y con la hipótesis de interferencia para comprender los mecanismos relacionados con los límites de la capacidad de MdT.

*Objetivos específicos:*

1. Valorar que la manipulación metodológica de las tareas diseñadas para el presente estudio fuese la adecuada.
2. Evaluar mediante la aplicación de las tres tareas tipo amplitud compleja en una modalidad viso espacial, la capacidad de MdT en estudiantes escolares de distintos grupos de edad.
3. Valorar el desempeño de estudiantes en edad escolar en las tareas de MdT para conocer el desempeño de esta habilidad en función de la demanda de memoria y la carga cognitiva.
4. Examinar si existen diferencias en el desempeño según el tipo de proceso ejecutivo que se reclute en los eventos de procesamiento (EP), de la tarea secundaria.

**Método**

*Participantes*

El presente estudio incluyó a 94 niños y niñas (51 niñas) monolingües, que cursaron educación primaria durante el 2017 y el 2018. Dentro de los criterios de exclusión se tomó en cuenta la presencia de alguna condición de desarrollo atípico diagnosticado, ya sea física, emocional o cognitiva. La tabla 1 reportan estadísticos descriptivos de la muestra. La edad promedio fue de 10.600, con un rango de 8.501 a 13.290, y una desviación estándar de 1.247. Con base en la edad en meses, se establecieron tres grupos de edades (e.g, grupo A: 8.501-9.776; grupo B: 9.776-11.270, grupo C: 11.270-13.290), a partir del percentil 33 y 66, lo cual permitió comparaciones respecto de las variables de estudio.

**Tabla 1.**

Cantidad de participantes, y edades según grupos en el análisis.

<b>Participantes</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Media de edad</b>	<b>DS edad</b>	<b>Rango de edad</b>
Grupo A	31	9.189	0.418	8.501-9.750
Grupo B	31	10.424	0.357	9.772-11.090
Grupo C	32	12.047	0.436	11.190 -13.290

*Nota.* DS= desviación estándar.

Mediante una entrevista (adaptación del cuestionario de Sattler & Hoge, 2006) se indagaron aspectos sociodemográficos, los cuales se reportan en la tabla 2. Los niños y niñas pertenecen a familias del área urbana. El 83% de las madres de los niños y niñas participantes, y el 62% de los padres reportan estudios universitarios. El 69% de las familias informa un ingreso económico mensual que les ubica entre los quintiles tres y cinco, de ingresos económicos más altos a nivel nacional, según la encuesta nacional de hogares (INEC, 2018, ver tabla 2).

**Tabla 2.**

Características Socioeconómicas de las Familias

<b>Participantes</b>	<b>Promedio (Rango)</b>	
Edad Madre	38.30 (25-53)	
Edad Padre	41.41 (27-61)	
<b>Nivel educativo</b>	<b>Madre, n (%)</b>	<b>Padre, n (%)</b>
No reporta	1(1.06%)	15 (15.96%)
Primaria incompleta	0 (0%)	1 (1.06%)
Primaria completa	1 (1.06%)	2 (2.12%)
Secundaria incompleta	11 (11.07%)	9 (9.57%)

Secundaria completa	3 (3.19%)	8 (8.51%)
Universidad incompleta	13 (13.89%)	20 (21.28%)
Universidad completa	65 (69.15%)	39 (41.49%)
<i>Nota.</i> n= frecuencia de respuesta; %=porcentaje de respuesta		

**Tabla 3.**

Distribución de los Ingresos Económicos Reportados según Quintiles a Nivel Nacional durante el año 2018, en Zonas Urbanas.

Quintil, promedio de ingreso		n (%)
No se reportó dato		23 (24.47%)
I	Menor a ₡237652	0 (0%)
II	Mayor a ₡237652 y Menor a ₡539365	6 (6.38%)
III	Mayor a ₡539365 y Menor a ₡860617	8 (8.51%)
IV	Mayor a ₡860617 y Menor a ₡2822000	54 (57.45%)
V	Mayor a ₡2822000	3 (3.19%)
<i>Nota.</i> n= frecuencia de respuesta; %=porcentaje de respuesta; ₡= colones costarricenses. Los valores promedios para cada quintil fueron reportados en la encuesta de hogares realizada por el INEC-Costa Rica, 2017 y 2018.		

La muestra con la que se trabajó participaba de otro estudio mayor, el proyecto “La Memoria de Trabajo y su vinculación con las Dificultades Específicas de Aprendizaje desde un enfoque neurocognitivo”, inscrito en la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica; proyecto a partir del cual se desprende esta tesis. La investigación principal se enfocaba en

un abordaje neurocognitivo de la relación entre memoria de trabajo y dificultades de aprendizaje, por lo que se realizaron más tareas de evaluación que las reportadas en este estudio.

El consentimiento informado fue firmado por la persona encargada del niño o niña, asimismo, se presentó el asentimiento informado a las niñas y niños mayores de 12 años. Este estudio contó con la aprobación tanto del Comité Ético Científico de la Universidad de Costa Rica, así como de la Comisión de trabajos finales de graduación de la Maestría en Ciencias Cognoscitivas de la misma Universidad.

### *Procedimiento*

Se estableció contacto con la escuela Nueva Laboratorio Emma Gamboa, la cual se ubica en las inmediaciones de la Universidad de Costa Rica. Durante una reunión de padres y madres de familia, se expuso la propuesta de investigación y se les invitó a participar durante los años 2017 y 2018. Posteriormente, se coordinó con las familias para la entrega, lectura y firma del consentimiento informado. Una vez conformada la lista de niños y niñas por participar, se coordinó con la escuela para realizar las evaluaciones dentro de la jornada escolar y en sus instalaciones.

Niños y niñas fueron evaluados de manera individual, en un espacio dentro de la escuela destinado como rincón de literatura. Con cada participante se trabajó un máximo de cuatro sesiones, de 40 minutos cada una, durante un periodo de dos semanas. Dado que participaban de un estudio principal, se les evaluó en 20 tareas cognitivas, las cuales miden los siguientes constructos: 1) memoria de trabajo (eg., *listening span task*, dígitos hacia atrás, las tres tareas diseñadas tipo amplitud compleja para evaluar MdT visoespacial, cuya tarea secundaria evoca un proceso ejecutivo tipo flexibilidad, inhibición o actualización); 2) memoria a corto plazo (dígitos

hacia adelante, no palabras, memoria de puntos), 3) habilidades académicas, las evaluadas con la prueba Woodcock Muñoz (rememoración de cuentos, comprensión de instrucciones, análisis de palabras, corrección de textos, ortografía, identificación de palabras y letras, discernimiento de sonido, cálculo matemático, fluidez en matemática; 4) inteligencia fluida (series, clasificación, matrices y condiciones; 5) tiempo de reacción, y 6) el nombramiento automatizado rápido. La aplicación de estas tareas se hizo durante las cuatro sesiones, no obstante, para efectos de esta tesis, sólo se utilizaron los datos provenientes de las tres tareas diseñadas para evaluar MdT viso espacial.

### *Instrumentos*

#### **Tres tareas de MdT viso espacial** (tres versiones del mismo paradigma):

Se diseñaron tres tareas de amplitud compleja, cuyos ensayos requieren codificar la ubicación espacial de dos o tres estímulos dentro de una grilla de 5 x 5 (i.e., demanda dos o demanda tres respectivamente). Las tareas fueron diseñadas con el lenguaje de programación de Python 2.7, e implementadas en el sistema operativo de Mac OS.

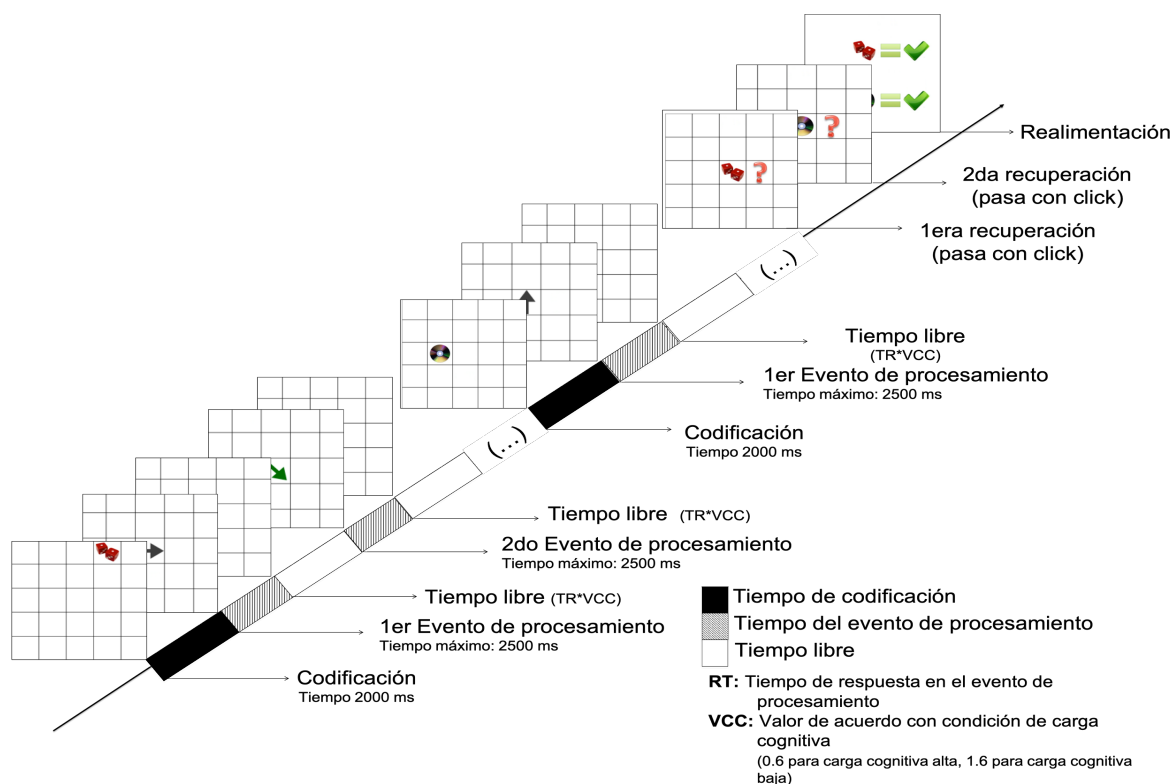
La estructura general de las pruebas consiste en: a) una fase de codificación de la memoranda, b) tres eventos de procesamiento (EP) que conforman la tarea secundaria, c) la recuperación y, d) realimentación de la ubicación de la memoranda. Cada tarea consta de 24 ensayos, donde la mitad corresponden a ensayos de carga cognitiva baja (CCB) y la otra mitad a carga cognitiva alta (CCA), los cuales son presentados de forma aleatoria. Tal como se explicó antes, en los ensayos de CCB, el tiempo de respuesta en cada EP es multiplicado por el parámetro de 1.6, y este resultado se otorgó como tiempo libre antes de iniciar el siguiente EP (ver figura 4).

Las tres pruebas de MdT se diferencian por su fase de procesamiento ya que en cada una de ellas se realizan tareas secundarias que involucran uno de los tres procesos ejecutivos propuestos por Miyake et al., (2000), a saber: a) *flexibilidad cognitiva*, b) *inhibición de las respuestas dominantes pero irrelevantes a la tarea en cuestión*, y c) *actualización y seguimiento de las representaciones de la MdT*. Luego de cada fase de codificación (donde se memoriza la posición del objeto en la grilla), se inician los tres EP.

En el caso de la tarea secundaria tipo *flexibilidad cognitiva* (ver figura 4), los estímulos son flechas negras y verdes. Si aparece una flecha negra, el participante debe dar clic en la casilla en que se apunta, pero si la flecha es verde, debe dar clic dos casillas en la dirección señalada. Después de los tres EPs aparece el siguiente estímulo por codificar. El tipo de procesamiento en la tarea de flexibilidad cognitiva demandará la alternancia de reglas que deben aplicarse rápidamente a la hora de dar una respuesta. En esta tarea, se supone que la activación de las representaciones sería las siguiente: 1) identificación de imagen por memorizar, 2) localización espacial de la imagen por memorizar en la grilla, 3) reconocimiento de la dirección que señala la flecha en el centro de la grilla, 4) evocar regla asignada al color de flecha que aparece en el centro de la grilla, 5) localización de la casilla para dar respuesta al EP, 6) reconocimiento del estímulo memorizado que solicita ser evocado, 7) localización en la grilla en que se ubica el estímulo memorizado.

En la tarea tipo *inhibición* el procedimiento y las representaciones mentales activadas, son similares al de la tarea de flexibilidad cognitiva, sólo que en lugar de flechas verdes aparecerán flechas rojas que indicarán a la persona participante dar clic en la casilla opuesta a la señalada (Ver figura 1). En esta tarea se asume que la demanda de inhibición se da ante la respuesta

preponderante de las personas de dirigir el cursor del *mouse* hacia la dirección que indican las flechas.

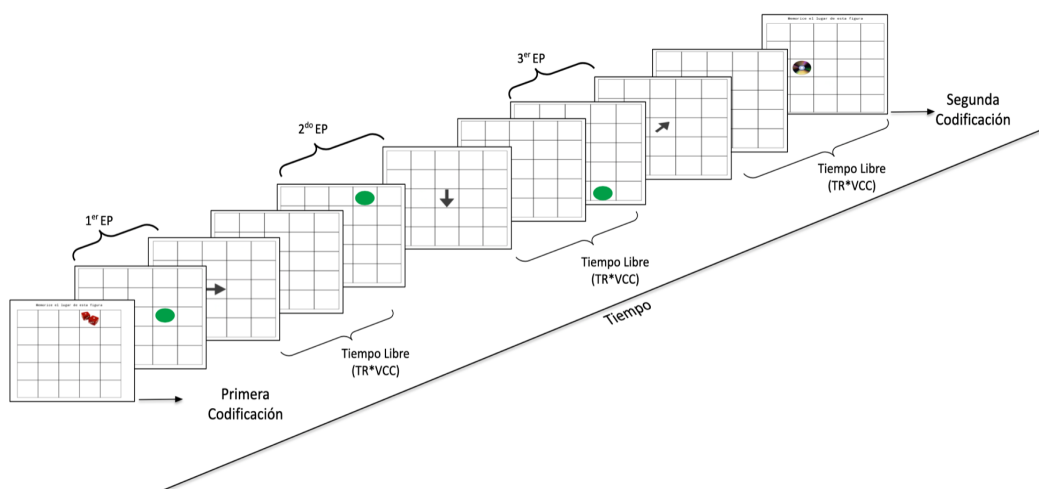


**Figura 4** Ejemplo de la tarea de MdT viso espacial de amplitud compleja, cuya tarea secundaria corresponde al proceso ejecutivo de flexibilidad cognitiva. La persona codifica la figura (eg., dado) durante 2000 ms, luego de esto aparece el primer evento de procesamiento, que en este caso es la flecha negra. El tiempo de respuesta utilizado en el evento de procesamiento se multiplica por el parámetro de la carga cognitiva, según condición experimental, y con ello se asigna el tiempo de permanencia en pantalla de la grilla vacía, el cual corresponde al tiempo libre. En este ejemplo se muestra un ensayo de demanda dos por tanto, luego de los tres eventos de procesamiento de la segunda codificación, aparece la clave para recuperar la posición en la que se encontraba el dado. La persona debe dar clic en la posición de la grilla en la que recuerda el objeto. Al final del ensayo se da una realimentación sobre la precisión de la recuperación.

En la tercera tarea, la de *actualización*, el procesamiento difiere con respecto a las tareas anteriores en cuanto a los EP, ya que posterior a las fases de codificación, aparece un círculo verde en el centro de la grilla que permanece en pantalla por 750 milisegundos. Al desaparecer el círculo, aparece una flecha negra en el centro que indica la dirección en la cual debe moverse el círculo respecto a su casilla actual. La persona debe dar clic en la nueva casilla para actualizar la

posición del círculo. En esta versión, la cantidad de representaciones activas durante la ejecución de la tarea serían: 1) identificación de imagen por memorizar, 2) localización espacial de la imagen por memorizar en la grilla, 3) reconocimiento de círculo verde, 4) codificación espacial del círculo verde en la grilla, 4) dirección que señala la flecha en el centro de la grilla, 5) localización actualizada del círculo verde en la grilla, 6) localización de la casilla para dar respuesta al EP, 7) reconocimiento del estímulo memorizado que solicita ser evocado, 8) localización en la grilla en que se ubica el estímulo memorizado.

Tanto en esta variante de la tarea, como en las otras dos descritas anteriormente, el tiempo que tome dar clic en cada EP es multiplicado por el parámetro de la *condición de CC* (VCC), y el resultado se asigna como el tiempo libre posterior (ver figura 5).



**Figura 5** Una vez que transcurre el tiempo para codificar el estímulo en la grilla (2000ms), se inicia la tarea secundaria, la cual consiste en la aparición de un círculo verde en el centro que permanece en pantalla por 750 ms; luego del cual aparece la flecha negra indicando la dirección en que debe moverse el círculo respecto a su casilla actual. La persona debe dar clic en la nueva casilla y así actualizar su posición. El tiempo de respuesta (TR) en el evento de procesamiento es multiplicado por el valor según la condición de carga cognitiva (VCC); resultado que se aplica como un tiempo libre en la grilla vacía posterior a cada EP. Finalizado el tiempo libre se continúa con el segundo EP, que implica una nueva actualización del círculo. Luego del tercer EP aparecerá el siguiente estímulo por codificar.

En las tres tareas, después de dos o tres codificaciones (según sea la demanda del ensayo), se continúa con la *fase de recuperación y reporte de la memoranda*, en la cual se pregunta por cada uno de los estímulos codificados en el orden en que estos fueron presentados. La persona debe dar clic en las casillas donde recuerda que estaban ubicados los estímulos.

La tarea de flexibilidad y la de inhibición cuentan con 24 ensayos desplegados de forma aleatoria, que varían en función de: a) *demanda de codificación* (dos y tres); b) *carga cognitiva* (alta y baja); c) *condición de EP* (i.e., aplicar la regla según sea: flecha roja; flecha verde, flechas mixtas; flechas negras); y, d) *orden de alternancia de flechas en ensayos mixtos* (e.g., en el caso de los ensayos de inhibición, estos pueden desplegarse: flecha roja, luego negra, y luego roja; o bien, flecha negra, luego roja, y luego negra). En el caso de la tarea de actualización, dada la naturaleza de los EP, los 24 ensayos solo varían en función de la demanda (dos y tres) y la CC (alta y baja).

El objetivo de estructurar las tareas de esta manera es permitir comparar el desempeño de las personas en tres tareas con distintas condiciones en los EP (i.e; flechas negras de actualización; inhibición flechas negras, inhibición flechas rojas, inhibición flechas mixtas; flexibilidad flechas negras, flexibilidad flechas verdes, flexibilidad flechas mixtas). Para ello, se mantiene la misma estructura de codificación y recuperación, variando solo la tarea secundaria con sus respectivos EP.

Cada tarea inicia con las instrucciones, las cuales son explicadas por la persona aplicadora. Para el diseño de las tareas se tomó en cuenta que todas las imágenes por memorizar en la fase de codificación fuesen objetos cuyos nombres están compuestos por dos sílabas en el idioma español (e.g., mundo, chile, lego, casco), y se controló la similitud fonológica dentro de cada

ensayo, es decir, que no coincidiera el sonido vocálico entre los dos o tres estímulos por codificar.

Se implementó un diseño planificado de datos faltantes, por lo que se generaron tres fórmulas de aplicación de la misma tarea. Cada fórmula está compuesta por tres conjuntos de ensayos, a saber: un conjunto de *ensayos de anclaje* (16 ensayos en la tarea de inhibición y flexibilidad cognitiva, y 8 ensayos en la tarea actualización), los cuales son los mismos en las tres fórmulas de cada tarea. Además, dos conjuntos de ensayos, los cuales pueden ser set A, set B, o set C. En el caso de las pruebas de inhibición y flexibilidad cognitiva los set A, B y C se componen de 4 ensayos cada set, y en el caso de la prueba de actualización, los sets se componen de 8 ensayos.

La distribución de ensayos es equivalente entre las tres fórmulas, es decir, las tres fórmulas contienen la misma cantidad de ensayos según condiciones: demanda de memoria y carga cognitiva. Lo que varía es la imagen por codificar, y la secuencia en que se presentan las flechas de los ensayos mixtos en los EP. Por ejemplo, luego del primer objeto por codificar pueden aparecer los EP de la siguiente manera: flecha roja-negra-roja, luego negra, roja, negra, o que aparezcan flecha negra-roja-negra y luego flecha roja- negra-roja.

El diseño planificado de datos faltantes permitió predecir la probabilidad de desempeño de los niños y niñas en aquellos ensayos que no estaban incluidos en sus fórmulas, a partir del desempeño de otros niños y niñas con características similares de desempeño. De esta manera, para el análisis de los datos, cada participante contó con los 24 ensayos ejecutados más el set de 4 ensayos predichos, es decir, para el análisis cada participante tenía un total de 28 ensayos. En el caso de la prueba de actualización, como los sets son de ocho ensayos, la suma de un set

adicional generó un total de 32 ensayos por persona. Esta manera de presentar la tarea permitió reducir el tiempo de aplicación y aumentar la cantidad de ensayos para analizar por persona.

#### *Operacionalización de las variables del estudio*

Las variables dependientes se establecieron de la siguiente manera:

- *Proporción de respuestas correctas*: es la precisión en la recuperación de la memoranda, la cual se obtuvo, promediando los aciertos en la recuperación de los estímulos por memorizar en cada ensayo. Esto es un indicador de la capacidad de MdT.
- *Tiempo de respuesta en los eventos de procesamiento*: es el promedio de los tiempos de respuesta durante los EP de la tarea secundaria en cada ensayo. Este es un indicador de la eficiencia de la MdT en la manipulación de información en diferentes contextos, a saber: manipulación en condición de actualización de representaciones mentales, en condición de inhibición de respuestas preponderantes, o en condiciones de alternancia de reglas.

Las variables independientes se subdividen de la siguiente manera:

- *Grupos de edad*: tomando en consideración la edad en meses, se establecieron tres grupos a partir de los percentiles 33 y 66, (e.g, grupo A: 8.50-9.776; grupo B: 9.7761-11.270, grupo C: 11.2701-13.290).
- *Demanda de memoria*: Las tareas están compuestas por ensayos donde se deben recuperar dos o tres elementos. Por tanto, esta variable tiene dos condiciones, los ensayos de demanda dos y los ensayos de demanda tres.
- *Función ejecutiva*: La tarea secundaria se diseñó con el objetivo de evocar en el procesamiento de la información una de las tres funciones ejecutivas (e.g, actualización, inhibición, flexibilidad). Dentro de la tarea secundaria se evocan distintos tipos de EP, que

suponen diferentes cualidades cognitivas en el procesamiento de la información. De ser así, estos EP deberían reflejar diferencias en los tiempos de respuesta. Por ejemplo, los ensayos con flechas negras en inhibición y flexibilidad se diseñan como una condición de control, por lo que se esperaría que muestren menor tiempo de respuesta en comparación con las condiciones de flechas mixtas, las cuales suponen una alternancia en la regla por aplicar.

- *Carga cognitiva:* Los ensayos se construyeron para responder a una de las dos condiciones experimentales, sea carga cognitiva alta (CCA), donde el tiempo de respuesta en los EP se multiplicó por 0.6 o de carga cognitiva baja (CCB), donde se multiplicó por 1.6 (ver figura 3). Según el modelo de recursos compartidos basado en el tiempo, la carga cognitiva es la proporción de tiempo que el recurso atencional es capturado para realizar el procesamiento de la información, dejando desatendida la memoranda. En esta manipulación, los ensayos de CCB tomarán en cuenta el tiempo de respuesta de la persona en los EP y, posteriormente, se asignará un tiempo libre, que es el resultado de la multiplicación del tiempo de respuesta por 1.6 (condición asignada a CCB). En esta condición, se supone que la persona tendrá más tiempo disponible para redirigir el recurso atencional hacia la memoranda y refrescarla, con ello aumentar la probabilidad de su recuperación correcta. En el caso de los ensayos de CCA, el tiempo de respuesta se multiplica por 0.6, lo cual asigna menos tiempo libre para dirigir la atención hacia el refrescamiento de la memoranda.

### *Hipótesis planteadas*

El diseño de las tareas de evaluación es parte esencial de este estudio, pues se espera que las manipulaciones experimentales se comporten de acuerdo con las predicciones. Una adecuada manipulación experimental, plantearía lo siguiente:

1. La proporción de respuestas correctas de los ensayos de demanda dos será mayor que los ensayos de demanda tres, debido al efecto que tiene el tamaño del conjunto de memoria o carga de memoria, sobre la precisión en la recuperación. Oberauer et al., (2016), plantea que conforme aumenta la cantidad de información que una persona trata de retener en MdT, la precisión en su recuperación disminuye.
2. Se espera que el tipo de función ejecutiva evocada durante la tarea secundaria tenga un efecto sobre la proporción de respuestas correctas en la tarea general. Por ejemplo, la tarea de actualización requiere activar mayor cantidad de representaciones mentales durante su ejecución (ver detalle en apartado que describe instrumentos), lo cual supone mayor demanda del recurso cognitivo disponible. Así, se esperaría ver una menor proporción de respuestas correctas, comparada con las tareas de inhibición y flexibilidad, dado que estas últimas activan la misma cantidad de representaciones mentales. De acuerdo con Oberauer et al., (2016), las representaciones en MdT son vulnerables al procesamiento durante los intervalos de retención (llamadas tareas secundarias o tareas distractoras). Los procesos distractores suelen afectar la capacidad de la MdT, ya que demandan el mismo espacio cognitivo donde se mantiene activa a la memoranda que se debe recuperar al final del ensayo.
3. En la tarea secundaria, el tipo de EP evocado (i.e., flechas negras, flechas verdes, flechas rojas, flechas mixtas), reportará diferentes tiempos de respuesta. Las flechas negras en las tareas de inhibición y flexibilidad suponen el tiempo de respuesta en condición control. Las flechas rojas y verdes reflejarán el tiempo de aplicación de una regla a saber, la primera flecha indica dar clic en dirección contraria, y la segunda, dar clic dos casillas en la dirección señalada. Así, se espera que el tiempo de respuesta en los ensayos con flechas del mismo color sea menor que en los ensayos con flechas mixtas. Según Monsell (2003), las respuestas suelen

ser más lentas en los bloques donde las condiciones implican hacer un cambio de reglas (flechas mixtas), que en bloques donde la regla se mantiene (e.g., flechas negras, rojas o verdes), a esto se le llama el costo de cambio. Esto se atribuye a que en el nuevo estímulo hay que aplicar un criterio distinto al aplicado al estímulo previo, lo cual supone una reconfiguración en la regla que se mantiene en MdT. Este cambio también involucra un proceso de inhibición, ya que se debe detener la aplicación de una regla, para dar paso a la asignada al estímulo mostrado (Monsell, 2003).

Desde las *hipótesis del desarrollo* se plantea que:

4. La capacidad de MdT aumenta conforme avanza la edad de los grupos, por lo que se espera que la proporción de respuestas correctas sea mayor conforme aumenta la edad del grupo. Como lo expone Cowan (2016), el aumento del rendimiento en pruebas de MdT aumenta conforme aumenta la edad. Al ir desarrollándose, la persona va adquiriendo mayor conocimiento y habilidades que le permiten representar conceptos cada vez más elaborados y con más información asociada (Alloway et al., 2006; Halford et al., 2007).
5. La eficiencia en el uso de la MdT es mayor conforme aumenta la edad. Esto se evidencia mediante el tiempo de respuesta en los EP, el cual disminuirá conforme avanza los grupos de edad. Gonthier et al., (2019), señalan que conforme los niños y niñas crecen, logran ser más hábiles para organizar sus acciones, inhibir las respuestas inapropiadas y tener mayor control de sus recursos cognitivos, lo cual se asocia con un incremento en la eficiencia de la MdT, y menores tiempos de respuesta.

Para explorar los parámetros del *modelo de decaimiento* se propone evidenciar que:

6. Existe mayor proporción de respuestas correctas en aquellos ensayos con carga cognitiva baja.

Barrouillet & Camos, (2012) proponen que en una tarea de MdT, el procesamiento y el mantenimiento de la información compiten por el recurso atencional, el cual es un recurso limitado. Así, en los ensayos de carga cognitiva alta, los espacios disponibles para que el recurso atencional refresque la memoranda será más limitado, que en los ensayos de carga cognitiva baja, donde habrá más disponibilidad para la alternancia de la atención, que permita el refrescamiento de la memoranda, y por tanto, facilite una mejor recuperación de la memoranda al final del ensayo.

Por su lado, desde el *modelo de interferencia* se plantea que:

7. El grado de interferencia aumenta con el número de representaciones activas en MdT, y por la complejidad que conforman dichas representaciones. Oberauer et al., (2016), indican que la capacidad para mantener varias representaciones disponibles al mismo tiempo está limitada por la interferencia mutua entre estas representaciones. Por ello, el tiempo de respuesta en los EP, el cual es indicador de la eficiencia de la MdT, se verá afectado por el aumento de representaciones mentales manipuladas durante la tarea secundaria, ya que esto incrementará el efecto de interferencia.

### **Análisis de resultados**

Los datos fueron procesados utilizando R en Rstudio (R Development Core Team, 2019; RStudio Team, 2018), y se requirieron los siguientes paquetes: tidyverse (Wickham, 2017) y lme4 (Bates et al., 2015). En la tabla 4 se reporta la media, la desviación estándar, y la mediana de la proporción de respuestas correctas, obtenidas en cada condición experimental del estudio. A nivel descriptivo, se observa en los tres grupos de edad, que la media de proporción de respuestas

correctas es mayor en los ensayos de demanda dos que en los de demanda tres. De acuerdo con la función ejecutiva evocada en la tarea secundaria, el grupo A reporta mayor proporción de respuestas correctas en la tarea de flexibilidad cognitiva, luego en inhibición y, por último, en la de actualización. En los grupos B y C la media de la proporción de respuestas correctas fue mayor en la tarea de inhibición, luego en la de flexibilidad cognitiva y, de último la de actualización.

Respecto a los tiempos de respuestas durante la tarea secundaria, la tabla 5 muestra que, a nivel descriptivo, la media del tiempo de respuesta es mayor en los ensayos de demanda dos que en los de demanda tres, en los tres grupos de edad. Además, los tiempos de respuesta en la tarea secundaria de actualización es mayor a los de la tarea secundaria de inhibición y flexibilidad. No obstante, como se detalla en el gráfico 1, esos tiempos de respuesta varían según el tipo de EP (i.e., flechas negras inhibición, flechas negras flexibilidad, flechas negras actualización, flechas verdes flexibilidad, flechas mixtas inhibición, flechas mixtas flexibilidad y flechas rojas inhibición). Por ejemplo, en las flechas negras de la tarea de actualización se observa mayor tiempo de respuesta que en las flechas negras de flexibilidad e inhibición; condición que se presenta en los tres grupos de edad. Los EP con flechas mixtas muestran más tiempo de respuesta que los de flechas negras en las tareas de inhibición y flexibilidad. Las flechas rojas y verdes no difieren en el promedio del tiempo de respuesta.

Posteriormente, se implementaron modelos lineales de efectos mixtos (efectos fijos y aleatorios; LMMs, por sus siglas en inglés). En los modelos lineales mixtos hay factores que son controlados dentro de la investigación, a los que se llaman efectos fijos, y otros que no logran controlarse experimentalmente, denominados efectos aleatorios. En este estudio, el objetivo fue conocer la influencia de efectos fijos tales como la edad, la demanda de memoria, la carga

cognitiva, y el tipo de proceso ejecutivo, sobre la precisión de respuestas correctas, y el tiempo de respuesta en la tarea secundaria. Por su parte, la identificación de participantes y los ensayos se asumen como variables aleatorias, ya que además de ser variables de agrupación, cuentan con características que suponen diferencias individuales que son desconocidas, y que influyen en la forma de responder a los ensayos (Harrison et al., 2018). Esto supone respuestas idiosincráticas que introducen una varianza que no puede ser explicada, por lo que no permiten modelar de manera sistemática a la variable dependiente (Winter, 2013).

Los LMMs fueron estimados mediante el procedimiento de estimación de máxima verosimilitud. La construcción de modelos fue teóricamente orientada. Para seleccionar el modelo que mejor ajustó los datos, se utilizó el logaritmo de la verosimilitud, junto con el criterio de información de Akaike (AIC). El AIC es una medida de ajuste que penaliza por cada variable que se incluye en el modelo, y permite hacer comparaciones entre modelos de distinta complejidad.

**Tabla 4.**

*Proporción de Respuestas Correctas. Descriptivos de Medias, Desviaciones Estándar para cada Grupo según cada Condición Experimental Evaluada.*

		<b>Grupo A n=31</b> (Rango edad 8.581-9.750)			<b>Grupo B n=31</b> (Rango edad 9.778-11.090)			<b>Grupo C n=32</b> (Rango edad 11.42 -13.29)		
		<b>Media PC</b>	<b>DS PC</b>	<b>Mediana PC</b>	<b>Media PC</b>	<b>DS PC</b>	<b>Mediana PC</b>	<b>Media PC</b>	<b>DS PC</b>	<b>Mediana PC</b>
VARIABLES INDEPENDIENTES	Desempeño General	0.621	0.355	0.666	0.720	0.331	1	0.776	0.319	1
Demanda	Demanda 2	0.624	0.376	0.5	0.745	0.347	1	0.800	0.325	1
	Demanda 3	0.619	0.335	0.667	0.697	0.312	0.667	0.752	0.312	1
Carga Cognitiva	CCB	0.631	0.360	0.667	0.728	0.329	1	0.782	0.318	1
	CCA	0.611	0.352	0.667	0.714	0.333	1	0.770	0.320	1
Proceso Ejecutivo realizado en los EP	Actualización	0.539	0.354	0.5	0.633	0.352	0.667	0.682	0.349	0.667
	Inhibición	0.665	0.353	0.667	0.775	0.307	1	0.830	0.296	1
	Flexibilidad Cognitiva	0.667	0.345	0.667	0.748	0.318	1	0.812	0.291	1

EP: Eventos de procesamiento; PC: proporción de respuestas; DS: desviación estándar; CCB: carga cognitiva baja; CCA: Carga cognitiva alta.

**Tabla 5.**

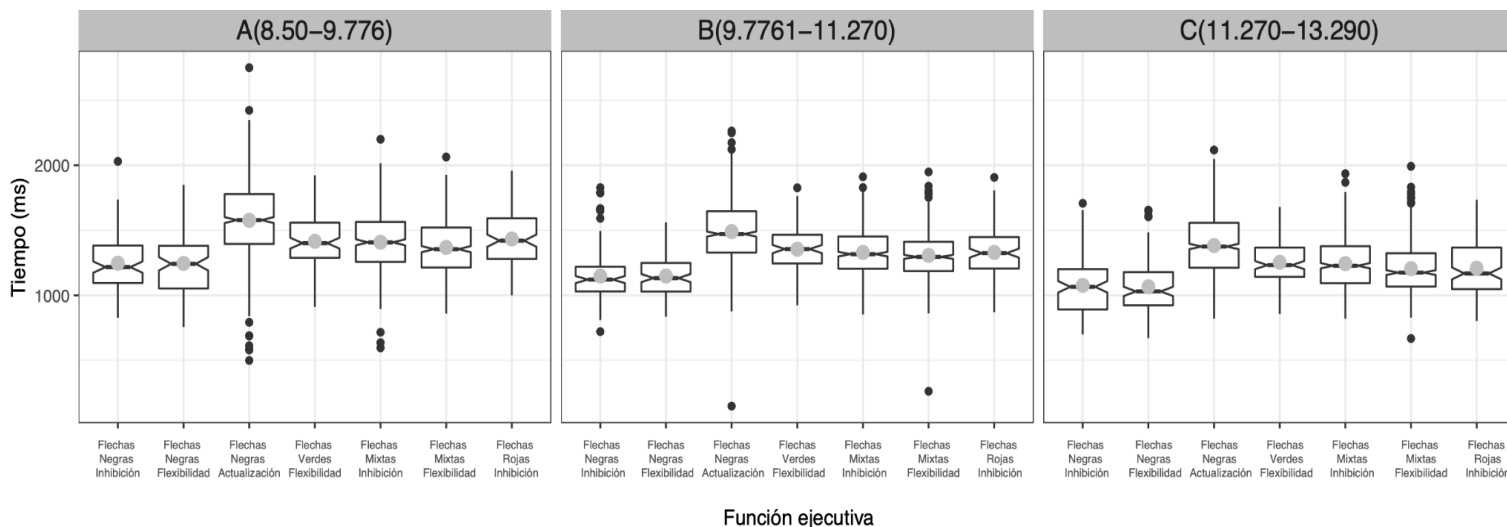
*Tiempos de Respuesta en la Tarea Secundaria en Función de las Condiciones Experimentales.*

		Grupo A n=32				Grupo B n=32				Grupo C n=33			
		Media TR	DS TR	Mediana TR	Rango de tiempo	Media TR	DS TR	Mediana TR	Rango de tiempo	Media TR	DS TR	Mediana TR	Rango de tiempo
TR General		1444	272	1434	499-2751	1357	230	1338	148-2264	1259	236	1232	668-2118
Demanda	Demanda 2	1449	283	1427	499-2751	1359	240	1335	148-2264	1260	243	1226	727-2118
	Demanda 3	1439	261	1436	586-2208	1354	219	1340	721-2088	1258	228	1240	668-2020
Proceso ejecutivo realizado en los EP	Actualización	1577	297	1579	499-2751	1490	240	1471	148-2264	1383	240	1376	821-2118
	Inhibición	1386	237	1383	596-2200	1300	205	1287	721-1912	1210	219	1187	699-1935
	Flexibilidad Cognitiva	1356	215	1352	755-2064	1288	185	1286	262-1949	1190	198	1166	669-1992

EP: Eventos de procesamiento; PC: proporción de respuestas; DS: desviación estándar; CCB: carga cognitiva baja; CCA: Carga cognitiva alta.

**Figura 6.**

*Comparación de Tiempos de Respuesta en cada grupo de Edad, según Eventos de Procesamiento (EP) en la Tarea Secundaria.*



*Nota.* El gráfico muestra las diferencias entre las medianas de los grupos A, B y C, los que fueron comparados en las condiciones experimentales. El tamaño de las cajas refleja el rango intercuartil, que es la distribución del 50% de los datos. Los límites superior e inferior de los bigotes establecen el límite del primer y tercer cuartil. El borde inferior de la caja señala el valor ubicado en el percentil 25 y el borde superior el dato en el percentil 75. La mediana es señalada con la línea central de la caja, y el punto gris ubica el valor de la media. El tamaño de las muescas en la caja, representan el intervalo de confianza alrededor de la mediana, el cual es del 95%. A partir de 1.5 veces el rango del intercuartil, se ubican los valores extremos identificados en los datos.

Luego de la comparación, se escoge el que reporte menor valor en el AIC, y se establece como el ganador preliminar. En la tabla 6, se observa que, en los modelos de proporción de respuestas correctas, el de menor AIC es el modelo de interferencia (AIC=3044.6). En el apartado inferior de la misma tabla, el modelo de tiempo de respuesta reporta el AIC más bajo (AIC= 85072.2), en comparación con el modelo nulo, el cual contiene solamente el intercepto. Ambos modelos, son preseleccionados como los ganadores preliminares. Posteriormente, a cada modelo ganador se le asigna un valor de cero, y se procede a establecer los  $\Delta$ AIC de los modelos restantes, que se obtienen al restar el AIC del modelo ganador preliminar a cada modelo

propuesto, y así, obtener las diferencias. Según Burnham y Anderson (2002, p. 70) si la diferencia ( $\Delta AIC$ ) es entre 0 y 2, se indica que hay evidencia similar para ambos modelos. Si el  $\Delta AIC$  oscila entre 4 y 7, se indica menos evidencia para el modelo con mayor AIC y, si el  $\Delta AIC$  es mayor que 10, se sugiere que no hay evidencia que soporte al modelo con mayor AIC.

**Tabla 6.**

*Secuencia de Evaluación de los Modelos e Índices de Ajuste para Precisión de Respuesta y Tiempos de Respuesta.*

<b>Modelos de proporción de respuestas correctas como variable dependiente</b>						
Modelo (Proporción de respuestas correctas)	Efectos fijos	Efectos aleatorios	GL	AIC	$\Delta AIC$	Log-Lik
Modelo Nulo Prec. Resp.	Intercepto (gran media)	ID <sub>(int)</sub> Ensayos (int)	4	3101.9	57.297	-1546.9
Modelo de Carga Cognitiva	Demanda(Dem 2-Dem3) Edad(BC-A; C-B) CC(Baja-Alta)	ID <sub>(int)</sub> Ensayos (int)	8	3086.4	41.810	-1535.2
Modelo de Interferencia	Demanda(Dem 2-Dem3 ) Edad (BC-A; C-B) FE (TotalInhFlex- TotalAct; TotalInh- TotalFlex. FlecVerdesyRojas- FlecMixtas; - FlecNegrasInh- FlecMixtasInh; FlecNegrasFlex-FlecMixtasFlex; InhFlecRojas- FlexFlecVerdes).	ID <sub>(int)</sub> Ensayos <sub>(int)</sub>	13	3044.6	0	-1509.3
<b>Modelos de tiempos de respuesta en eventos de procesamiento como variable dependiente</b>						
Modelo (tiempo de respuesta en eventos de procesamiento)	Efectos fijos	Efectos aleatorios	GL	AIC	$\Delta AIC$	Log-Lik
Modelo Nulo TR	Intercepto(Gran media)	ID <sub>(int)</sub> Ensayos <sub>(int)</sub>	4	85278.1	205.953	-42635

Modelo de Tiempos de Respuesta.	Demanda <sub>(Dem2-Dem3)</sub> Edad <sub>(A-BC; B-C)</sub> FE <sub>(TotalAct-InhFlexTotal; TotalFlex-TotalInh; FlecMixtas-FlecVerdesyRojas; FlecMixtasInh-FlecNegrasInh; FlecMixtasFlexvrsFlecNegrasFlex; FlexFlecVerdes-InhFlecRojas)</sub>	ID <sub>(int)</sub> Ensayos <sub>(int)</sub>	13	85072.2	0	-42635.1
---------------------------------------	--	---	----	---------	---	----------

*Nota:* GL: grados de libertad (i.e., número de parámetros estimados más la varianza residual); AIC: Criterio de información de Akaike;  $\Delta$ AIC: diferencias entre el modelo con el AIC más bajo y los otros modelos propuestos; Log-lik: logaritmo de la verosimilitud; int: intercepto (gran media); Dem: demanda, CC: carga cognitiva; Inh: Inhibición, Flex: Flexibilidad; Act: Actualización, Flec: Flechas.

En la columna de los  $\Delta$ AIC de la tabla 6, se reporta la diferencia entre los modelos preseleccionados como ganadores, y los otros modelos propuestos. Se puede observar que la diferencia entre los modelos preseleccionados como ganadores y los otros modelos es mayor a 10, lo cual sugiere que los otros modelos no cuentan con suficiente evidencia que les apoye. Siendo así, los modelos preseleccionados, se establecen como los que mejor ajustan los datos para explicar a la variable dependiente de interés, es decir, los parámetros asociados a la demanda, la edad, y las funciones ejecutivas, son las que explican mejor la variabilidad tanto en la proporción de respuestas correctas, como en los tiempos de respuesta de los EP. Una vez identificados los modelos que mejor ajustan los datos, se procede a detallar los esquemas de contrastes utilizados en los modelos establecidos teóricamente.

Tal como se observa en la tabla 6, para los modelos propuestos, se establecieron los efectos fijos y sus respectivos contrastes entre las condiciones. Las variables que se establecieron como efectos fijos fueron: la demanda de memoria, la edad, la carga cognitiva y el tipo de función

ejecutiva, esto según el modelo de la variable dependiente de interés. Los contrastes que se realizaron fueron ortogonales<sup>1</sup> y planificados teóricamente. Se detallan a continuación:

Para el **modelo de carga cognitiva**, cuya variable dependiente fue la proporción de respuestas correctas, se propuso la siguiente codificación:

- *Demanda de memoria*: La condición de demanda dos, fue codificada como 1 y la demanda tres, codificada como -1. El contraste de 1,-1, se establece de esta manera asumiendo que la proporción de respuestas correctas será mayor en los ensayos de demanda dos que en los de demanda tres, debido a que la demanda tres requiere codificar un estímulo más y mantenerlo de manera activa antes de la recuperación de la memoranda, lo cual puede comprometer el recurso cognitivo disponible para evocar las respuestas correctas.
- *Grupo de edad*: Esta variable contiene tres condiciones experimentales, a saber, grupo A, B y C. Se realizaron dos contrastes. En el primero, el grupo A se codificó como -2, y los grupos B y C como 1 (i.e., -2, 1,1). En el segundo contraste, el grupo A se codificó como 0, grupo B como -1, y grupo C como 1 (i.e., 0,-1,1). El objetivo de este contraste fue corroborar si la capacidad de MdT es mayor conforme aumentan los grupos de edad.
- *Carga cognitiva*: Esta variable presenta dos condiciones, carga alta, codificada como -1 y carga baja, codificada como 1, (-1,1). Desde el modelo de decaimiento, se espera encontrar diferencias significativas entre estas dos condiciones.

Para el **modelo de interferencia**, cuya variable dependiente fue la proporción de respuestas correctas, la codificación fue la siguiente:

---

<sup>1</sup> Un contraste ortogonal, supone que cada condición experimental o conjunto de condiciones experimentales (pieza de información) sólo pueden ser utilizadas en un único contraste.

- Los contrastes realizados con demanda de memoria y grupo de edad fueron descritos previamente.
- *Función ejecutiva*: Para esta variable se presentaron seis condiciones experimentales, a saber: 1) flechas negras en tarea de inhibición, 2) flechas negras en tarea de flexibilidad, 3) flechas negras en tarea de actualización, 4) flechas verdes en tarea de flexibilidad, 5) flechas mixtas en tarea de inhibición, 6) flechas mixtas en tarea de flexibilidad, y 7) flechas rojas en tarea de inhibición. Además de valorar las hipótesis experimentales del estudio, estos contrastes permiten corroborar si la manipulación metodológica de la tarea fue adecuada. Por tanto, se establecieron los siguientes seis esquemas de comparación:
  1. Se espera que la proporción de respuestas correctas en los ensayos de flexibilidad e inhibición, codificados como cada uno con 1, sea mayor que en los de actualización, codificados como -6, (1,1,-6,1,1,1,1). Se asume que, en esta última tarea, requiere mayor cantidad de representaciones mentales activadas durante la ejecución.
  2. Mayor proporción de respuestas correctas en los ensayos de inhibición, codificados como 1, al compararlos con los ensayos de flexibilidad, codificados como -1. Los ensayos de actualización no se tomaron en cuenta, por lo que se codificaron con 0 (1,-1,0,-1,1,-1,1). En línea con lo reportado por Monsell, (2003), se espera que, si los ensayos implican flexibilidad cognitiva, además de la alternancia de atención entre reglas, se evoque de manera previa procesos de inhibición, debido a que se debe detener la aplicación de una regla, antes de dar paso a la aplicación de una regla diferente. Este proceso previo de inhibición podría afectar la proporción de respuestas correctas evocadas en la tarea de flexibilidad.

3. Mayor proporción de respuestas correctas en ensayos de flechas rojas y verdes, codificados como 1 que, en los ensayos con flechas mixtas, codificados como -1. No se toma en cuenta los ensayos con flechas negras en inhibición, y flexibilidad, así como los ensayos de actualización, por lo que se codifican con 0 (0,0,0,1,-1,-1,1). Los ensayos con flechas mixtas suponen un cambio de regla entre un EP y otro, a diferencia de los EP con flechas del mismo color, donde la regla se mantiene.
4. Mayor proporción de respuestas correctas de los ensayos con flechas negras de inhibición, codificados como 1, en comparación con ensayos de flechas mixtas de inhibición, codificados con -1. Las condiciones restantes no fueron utilizadas en esta comparación, por lo que se codificaron como 0, (i.e., 1,0,0,0,-1,0,0). Se asume que las flechas negras funcionan como EP de control en las tareas, por lo que se espera que la proporción de respuestas correctas sea mayor en este tipo de ensayos que en los ensayos de inhibición con flechas mixtas.
5. Mayor proporción de respuestas correctas de los ensayos con flechas negras de flexibilidad, codificados como 1, menos los ensayos con flechas mixtas de flexibilidad, codificados como -1, (0,1,0,0,0,-1,0). Tal como el contraste anterior, las restantes condiciones no se comparan, por lo que se codifican con 0. Igualmente, se espera que los ensayos con flechas negras en la tarea de flexibilidad, tenga una proporción de respuestas correctas mayor que los ensayos de flexibilidad con flechas mixtas.
6. Mayor proporción de respuestas correctas de los ensayos con flechas rojas, codificadas con 1, en comparación con los ensayos con flechas verdes, codificados como -1, (0,0,0,-1,0,0,1). No se toman en cuenta las otras condiciones, por lo que se codifican con 0. Se espera que la proporción de respuestas correctas sea similar, asumiendo que ambas

condiciones lo que se requiere es la evocación y aplicación de una regla al color de la flecha

Para analizar el efecto de las variables independientes sobre el tiempo de respuesta de los EP en la tarea secundaria, se propuso el siguiente modelo y sus respectivos contrastes:

- *Demanda de memoria:* La condición de demanda dos se codificó como -1 y de demanda tres como 1, (-1,1). Se espera que los tiempos de respuesta en los ensayos de demanda tres sean mayores que en los de demanda dos, asumiendo que los primeros tienen mayor cantidad de representaciones mentales activadas en el espacio mental, y ello puede afectar los tiempos para responder.
- *Grupo de edad:* Se espera que conforme avance la edad, la velocidad de procesamiento mejore, y esto se refleje en menor tiempo de respuesta conforme aumenta la edad del grupo. Por ello, se codifica al grupo A con 2 y los grupos B y C con -1 respectivamente (2,-1,-1). En el segundo contraste, no se toma en cuenta el grupo A, se codificó como 0. El grupo B se codifica con 1, y el grupo C con -1, (0,1,-1).
- *Función ejecutiva:* Las condiciones de esta variable ya fueron expuestas previamente.

Para los contrastes en este modelo se plantearon los siguientes esquemas:

1. Los tiempos de respuesta de los ensayos de actualización, se codificaron con 6 y los tiempos de respuesta en los ensayos de inhibición y flexibilidad se codificaron como -1 (-1,-1, 6,-1,-1,-1,-1). Se espera que el tiempo de respuesta en actualización sea mayor que los de inhibición y flexibilidad, ya que la tarea de actualización denota más complejidad, en comparación con las otras.
2. El segundo contraste compara los tiempos de respuesta de los ensayos de flexibilidad, que se codifican con 1, con los ensayos de inhibición, codificados como -1. Los ensayos de

actualización no se toman en cuenta, por lo que se codifican con 0, (-1,1, 0,1,-1,1,-1). Se esperaría que, si los ensayos de flexibilidad involucran procesos de inhibición, esto se vea reflejado en tiempos de respuesta mayores.

3. En el tercer contraste se comparan los ensayos de flechas mixtas, codificados como 1, con los ensayos de flechas verdes y rojas, codificados como -1. En este contraste no se utiliza la información de los ensayos de actualización, ni los de flechas negras, por lo que se les asigna 0 en su codificación, (0,0,0,-1,1,1,-1) Se asume que los tiempos de respuesta son mayores en los ensayos mixtos, debido a la alternancia de la atención entre un EP en comparación a los ensayos del mismo color, los cuales mantienen la misma regla entre un EP y el otro.
4. El cuarto contraste, compara los ensayos de flechas mixtas de inhibición codificado como 1, con los ensayos de flechas negras de inhibición, codificados como -1. Las condiciones de actualización, flechas verdes, flechas mixtas de flexibilidad, y flechas rojas no se utilizan en este contraste, por lo que se les codifica como 0 (-1,0,0,0,1,0,0). Los ensayos con flechas negras se diseñaron como condición de control, por lo que se esperaría que el tiempo de respuesta en la condición de flechas mixtas sea mayor que en las flechas negras.
5. En el quinto contraste se comparan los ensayos de flechas mixtas de flexibilidad codificado como 1, con los ensayos de flechas negras de flexibilidad, codificados como -1. Las condiciones de actualización, de flechas rojas y flechas mixtas de inhibición no se tomaron en cuenta por lo que se codificaron como (0,-1,0,0,1,0). Igual que en el contraste anterior, se esperaría que el tiempo de respuesta en los ensayos de flechas negras, fuese menor que la condición de flechas mixtas de flexibilidad.

6. En el último contraste se comparan las condiciones de flechas verdes, que se codifica como 1, con flechas rojas, que se codifica como -1, (0,0,0,1,0,0,-1). En este caso se esperaría un tiempo de respuesta similar entre ambas condiciones, ya que en ambas se supone que el proceso cognitivo es evocar y aplicar una regla en particular según color de flecha.

En la tabla 7, se reportan los estimados del modelo de carga cognitiva, el cual se construyó con el objetivo de valorar la hipótesis de decaimiento en la MdT. Los primeros parámetros estimados corresponden al modelo nulo, que contiene solamente el intercepto. El modelo de carga cognitiva toma en cuenta los efectos fijos de demanda, edad, y carga cognitiva. Al respecto, los estimados de la variable demanda (Dem2-Dem3) reportan valores positivos, que indican que la proporción de respuestas correctas en la demanda dos es marginalmente superior ( $p = .085$ ) a la condición de demanda tres. Respecto a la variable edad, se observa una diferencia significativa entre los grupos BC y el grupo A ( $p < .001$ ), confirmando que las personas de mayor edad reportan mayor proporción de respuestas correctas en comparación con las personas de menor edad. El segundo contraste de esta variable se reporta que el grupo C tiene una proporción de respuestas correctas marginalmente mayor ( $p = .094$ ), que el grupo B. Para el último de los contrastes mostrados en la tabla 7, en el que se compararon los ensayos de CC (Baja -Alta), no se observan diferencias significativas entre estas dos condiciones experimentales ( $p = .500$ ).

**Tabla 7.**

*Parámetros Estimados del Modelo de Carga Cognitiva respecto a la Proporción de Respuestas Correctas.*

<b>Modelo de Carga Cognitiva</b>				
Efecto fijo	Parámetro	Valor estimado	Error estándar	T ( <i>valor-p</i> )
Intercepto	Intercepto (Gran media)	0.699	0.016	42.882 (<.001)
Diferencias	Demanda (Dem2-Dem3)	0.017	0.010	1.739 (.085)
Diferencias	Edad (BC-A)	0.041	0.009	4.402 (<.001)*
Diferencias	Edad (C-B)	0.027	0.016	1.688(.094)
Diferencias	CC (Baja -Alta)	0.006	0.010	0.677 (.500)

*Nota:* Dem: demanda, A, B, C: refiere a los grupos de edad; CC: Carga cognitiva.

Para el segundo modelo construido, se exploró si la proporción de respuestas correctas era afectada por el tipo de proceso ejecutivo que se evocaba en la tarea secundaria. En este modelo se mantienen las variables de demanda y edad, tal como en el modelo anterior, pero se sustituye la variable de carga cognitiva por la variable de función ejecutiva. En la tabla 8 se reporta que las tareas de inhibición y flexibilidad tienen mayor proporción de respuestas correctas en comparación con la tarea de actualización, ( $p < .001$ ). Al comparar las tareas de inhibición con la de flexibilidad no se reportan diferencias significativas entre ellas ( $p = .721$ ). En la tabla 8, también se observa que la proporción de respuestas correctas en los ensayos de flechas rojas y flechas verdes no se diferencia de los ensayos de flechas mixtas ( $p = .169$ ). Tampoco se

identifican diferencias en la proporción de respuestas correctas entre ensayos con flechas mixtas y los de flechas negras, sean de la tarea de inhibición ( $p=.909$ ) o de flexibilidad ( $p=.464$ ), ni tampoco entre los ensayos de flechas rojas y los de flechas verdes ( $p=.130$ ).

**Tabla 8.**

*Parámetros Estimados del Modelo de Interferencia respecto a la Proporción de Respuestas Correctas.*

<b>Modelo Interferencia</b>				
Efecto fijo	Parámetro	Valor estimado	Error estándar	T ( <i>valor- p</i> )
Intercepto	Intercepto (Gran media)	0.703	0.015	46.858 ( $p<.001$ )
Diferencias	Demanda (Dem2-Dem3)	0.017	0.007	2.242 (.027) *
Diferencias	Edad (BC-A)	0.041	0.009	4.384 ( $p<.001$ ) *
Diferencias	Edad (C-B)	0.027	0.016	1.691(.094)
Diferencias	FE (TotalInhFlex- TotalAct)	0.020	0.002	8.210 ( $p<.001$ ) *
Diferencias	FE (TotalInh-TotalFlex)	-0.004	0.013	-0.358 (.721)
Diferencias	FE (FlecRojasyVerdes- FlecMixtas)	0.025	0.018	1.385 (.169)
Diferencias	FE (FlecNegrasInh-FlecMixtasInh)	-0.002	0.022	-0.114 (.909)
Diferencias	FE (FlecNegrasFlex-FlecMixtaFlex)	0.016	0.022	.736(.464)
Diferencias	FE (FlecRojas-FlecVerdes)	0.041	0.027	1.529 (0.130)

*Nota:* Dem: demanda; A, B, C: refiere a los grupos de edad; CC: carga cognitiva; Inh: Inhibición, Flex: Flexibilidad; Act: Actualización, Flec: Flechas.

El último de los modelos propuestos utiliza como variable dependiente el tiempo de respuesta en los EP de la tarea secundaria. Los efectos fijos utilizados son la demanda, la edad y el tipo de función ejecutiva. Al respecto, en la tabla 9 se muestra que el parámetro de demanda no reporta diferencias estadísticamente significativas entre las condiciones, es decir, los tiempos de respuestas en la tarea secundaria son similares en los ensayos de demanda dos y los de demanda tres. En el primer parámetro de la condición de edad, se observa que hay una diferencia positiva, que indica que las personas del grupo A utilizan más tiempo para responder en comparación con las personas del grupo B y C ( $p < .001$ ). Lo mismo se observa al comparar el grupo B con el grupo C, donde los tiempos de respuesta del grupo B son mayores a los del grupo C, ( $p = .005$ ). Estas diferencias eran esperadas, ya que evidencian que la velocidad de procesamiento de la información aumenta conforme avanza el desarrollo.

Respecto a las condiciones de la variable funciones ejecutivas, se identifica que los EP de la tarea de actualización requiere de más tiempo para responder que los de inhibición y flexibilidad, ( $p < .001$ ). Sin embargo, entre los EP de inhibición y flexibilidad no se reportan diferencias ( $p = .150$ ).

Al comparar los EP con flechas mixtas con los de flechas verdes y rojas, se observan diferencias significativas, en una dirección diferente a la planteada en la hipótesis. Los EP de flechas verdes y rojas requieren de más tiempo para responder que los EP con flechas mixtas, ( $p < .001$ ). No obstante, al comparar los ensayos de flechas mixtas de la tarea de inhibición con los ensayos de flechas negras de la misma tarea, se muestra que las primeras requieren de más tiempo para responder que las segundas, ( $p < .001$ ), lo cual era esperable tomando en cuenta que los ensayos con flechas negras se diseñaron como ensayos de control respecto a los tiempos de

respuesta. El mismo comportamiento se observa al comparar las flechas mixtas de flexibilidad con las flechas negras de la misma tarea. El último de los parámetros estimados, reportado en la tabla 7, muestra que no existen diferencias significativas entre los ensayos con flechas rojas y los ensayos con flechas verdes, ( $p = .175$ ).

**Tabla 9.**

*Parámetros estimados del modelo de tiempo de respuesta*

<b>Modelos Tiempos de Respuesta en los eventos de procesamiento</b>				
Efecto fijo	Parámetro	Valor estimado	Error estándar	T ( <i>valor-p</i> )
Intercepto	Intercepto <sub>(Gran media)</sub>	1297.540	14.336	90.509(<.001)
Diferencias	Demanda <sub>(Dem3-Dem2)</sub>	-2.460	3.802	-0.647(.519)
Diferencias	Edad <sub>(A-BC)</sub>	42.188	9.596	4.397 (<.001)*
Diferencias	Edad <sub>(B-C)</sub>	46.781	16.514	2.832(.005) *
Diferencias	FE <sub>(Act-InhFlexTotal)</sub>	32.075	1.261	25.437 (<.001) *
Diferencias	FE <sub>(TotalFlex-TotalInh)</sub>	-9.736	6.705	-1.452 (.150)
Diferencias	FE <sub>(FlecMixtas-FlecVerdesyRojas)</sub>	-67.146	9.236	-7.270 (<.001) *
Diferencias	FE <sub>(FlecMixtasInh-FlecNegrasInh)</sub>	117.265	11.399	10.287(<.001) *
Diferencias	FE <sub>(FlecMixtasFlex-FlecNegrasFlex)</sub>	102.468	11.418	8.974 (<.001) *
Diferencias	FE <sub>(FlexFlecVerdes-InhFlecRojas)</sub>	18.955	13.854	1.368 (.175)

*Nota:* Dem: demanda; A, B, C: refiere a los grupos de edad; CC: carga cognitiva; Inh: Inhibición, Flex: Flexibilidad; Act: Actualización, Flec: Flechas.

## Discusión

La MdT es una capacidad de alto interés para la comprensión de la cognición humana, por ello, el desarrollo de herramientas de medición se convierte en piedra angular en su investigación. En este estudio, se lograron desarrollar tres tareas de uno de los paradigmas más utilizados en la medición de MdT, tareas de amplitud compleja, en el que se interrelacionan el componente de mantenimiento y manipulación de la información. En las versiones diseñadas, los componentes de manipulación difieren según eventos de procesamiento evocados. Cada uno está asociado a funciones ejecutivas como las siguientes: procesos de actualización en MdT (e.g., flechas negras en la tarea de actualización), procesos de inhibición (e.g., flechas rojas y verdes), y procesos de flexibilidad cognitiva (e.g., flechas mixtas).

Este estudio, además de aportar evidencia de una adecuada manipulación experimental, aportó datos para valorar el papel de parámetros relacionados con la hipótesis de decaimiento y con la de interferencia y así, comprender los mecanismos relacionados con los límites de la capacidad de MdT en niñez de edad escolar. Las condiciones experimentales evaluaron parámetros asociados con estas hipótesis, concluyendo que la MdT es mejor explicada desde el modelo de interferencia que desde el modelo de recursos compartidos basados en el tiempo.

### *Sobre la manipulación metodológica*

Para el componente de mantenimiento en las tareas, se solicitaba a la persona codificar la ubicación espacial de una figura, denominada memoranda, dentro de una grilla de 5x5 casillas. Este componente constaba de dos tipos de ensayos diferentes, los de demanda dos, que mantenían activas dos memorandas antes de la recuperación final en el ensayo, y los de demanda tres, que mantenía activa tres memorandas antes de la recuperación. Los resultados mostraron

que las características de estas dos condiciones difieren entre ellas. Se logró corroborar el efecto del tamaño del *set* sobre la capacidad de MdT (Oberauer et al., 2016) es decir, los ensayos de demanda dos reportan mayor precisión en la recuperación de la memoranda, que los ensayos de demanda tres, en los cuales la recuperación disminuyó. Este efecto se observó en los tres grupos de edad, confirmando que la capacidad de memoria se ve afectada por el número de elementos activos en el espacio cognitivo, y no necesariamente por la duración del ensayo. Lo anterior se respalda, al observar que el fenómeno se presentó tanto en los ensayos de carga cognitiva baja, que suelen durar mayor tiempo antes de recuperar la memoranda, como en los de carga cognitiva alta, que duran menos tiempo.

Si bien, el componente de mantenimiento utilizó representaciones mentales distintas a las que son manipuladas en el componente de procesamiento, es importante señalar que ambos procesos requieren del mismo dominio cognitivo (i.e., viso espacial), lo cual ha mostrado que perjudica la memoria en comparación con tareas que utilizan dominios mixtos (i.e., un mantenimiento de dominio viso espacial, y un procesamiento de dominio verbal; Bae & Luck, 2019). Por tanto, en investigaciones futuras se puede proponer la utilización de dominios mixtos para valorar si la diferencia entre condiciones de demanda dos y demanda tres se mantiene.

Posterior a la fase de mantenimiento, la prueba requirió ejecutar una tarea secundaria, compuesta por tres eventos de procesamiento (EP). Estos EP se diseñaron con el objetivo de evocar los procesos ejecutivos propuestos por Miyake et al., (2000), a saber: a) flexibilidad cognitiva, b) inhibición de las respuestas dominantes pero irrelevantes a la tarea en cuestión, y c) actualización y seguimiento de las representaciones de la MdT. Los resultados mostraron que, en la tarea de actualización, la proporción de respuestas correctas es menor y los tiempos de respuesta en los EP son mayores, en comparación con las tareas de flexibilidad cognitiva e

inhibición. Por su parte, entre la tarea de inhibición y la de flexibilidad cognitiva no se identificaron diferencias, ni en la proporción de respuestas correctas, ni en tiempos de respuesta en sus respectivos EP. Esto supone que, a nivel cognitivo ambas tareas evocaron recursos similares para su ejecución. La diferencia identificada entre estas tareas y la de actualización, es que esta última, además de requerir la activación de más cantidad de representaciones mentales para su ejecución, supuso mayor complejidad en su tarea secundaria, según fue reportado por las personas participantes. Al respecto, tal como lo plantean Oberauer et al., (2016), la diferencia en el desempeño en tareas de MdT, se explica por la cantidad de representaciones activadas en el espacio cognitivo y, también por la complejidad que supone la realización de dicha tarea. Hardman & Cowan, (2015), reportan que las características de los objetos manipulados se relacionan con el rendimiento visual en tareas de MdT, apoyando la idea de que la capacidad de MdT está limitada por la cantidad de objetos, pero también por las características relevantes que componen dichos objetos.

La similitud entre las pruebas de inhibición y flexibilidad puede explicarse por los efectos que se confunden a la hora de tomarlas con una sola pieza de información, ya que en cada tarea se incluyen distintos tipos de EP. Por este motivo, se procedió a descomponerlas en condiciones experimentales que permitieron explorar las manipulaciones de interés. Para la comparación se utilizaron ensayos con EP de flechas negras, flechas rojas, flechas verdes y flechas mixtas.

Las flechas negras de la tarea de actualización no se tomaron en cuenta porque el proceso cognitivo que evocaban estas flechas fue distinto al de las flechas negras de inhibición y flexibilidad. Las flechas verdes y rojas se tomaron como una sola pieza de información en algunos contrastes, debido a que no mostraron diferencias ni en proporción de respuestas correctas, ni en tiempo de respuesta. En ambas condiciones se requiere la aplicación de una regla

y se presume que ambas evocan procesos de inhibición a la respuesta preponderante generada por el estímulo de flecha, el cual es dar clic en la casilla que señalan.

Si bien, se esperaba encontrar diferencias entre los EP con flechas mixtas al compararlos con los ensayos de las flechas rojas y verdes, debido al efecto de alternancia en las flechas mixtas, no se encontraron dichas diferencias sobre la proporción de respuestas correctas. Es decir, la alternancia de reglas (e.g., flechas mixtas) y los EP que mantienen la aplicación de una misma regla (e.g., flechas verdes y flechas rojas), afectaron de manera similar la recuperación de la memoranda. No obstante, al analizar esta misma condición, respecto a la variable de tiempo de respuesta, sí se identificaron diferencias significativas. El tiempo de respuesta en los EP de flechas verdes y flechas rojas, fue mayor al tiempo de respuesta en los EP con flechas mixtas.

Contrario a la hipótesis planteada, la aplicación de una regla al estímulo sea flecha verde o roja, tomó más tiempo que la alternancia entre las reglas, evocada en los ensayos mixtos. Sin embargo, es importante tomar en cuenta que, en los ensayos mixtos, uno de los estímulos utilizados fueron las flechas negras, las cuales se diseñaron como condiciones de control respecto al tiempo de respuesta de la persona. La condición de flechas negras reportó un tiempo de respuesta menor respecto de las otras condiciones (ver figura 6), a diferencia de las flechas verdes y rojas, las cuales involucran la supresión de una regla dominante y la evocación de una regla recién aprendida. Esto queda demostrado cuando se comparan las flechas mixtas con las negras, dentro de la tarea de inhibición, y las flechas mixtas con las negras dentro de la tarea de flexibilidad, donde los tiempos de respuesta en las flechas negras son menores.

*Sobre la capacidad de la MdT en niñez escolar:*

Se encuentra evidencia que respalda las hipótesis sobre el desarrollo de la MdT en estudiantes escolares. Se corroboró que tanto la capacidad como la eficiencia en la memoria de

trabajo, en su modalidad viso espacial, mejoran conforme aumenta la edad. Esto se reflejó en indicadores como la proporción de respuestas correctas, la cual aumentó, y en el tiempo de respuesta en los EP, que disminuyó conforme la edad de los grupos era mayor.

El aumento de esta capacidad se ha asociado con el desarrollo de la eficiencia para dirigir la atención de manera selectiva, el aumento de la sensibilidad perceptiva y mayor capacidad de asociar objetos a localidades en el espacio (Buss et al., 2018). Además, se ha señalado que este desarrollo se relaciona con mayor velocidad de procesamiento, cambios en la tasa en la que decae la información temporal, y la eficiencia en los procesos de refrescamiento (Barrouillet & Camos, 2012).

El conocimiento y habilidades que se va adquiriendo conforme aumenta la edad, permite a la persona representar conceptos de manera más elaborada y apoyándose de mejores asociaciones de la información (Alloway et al., 2006; Halford et al., 2007). Por ejemplo, Cowan (2017), plantea que ese desarrollo puede relacionarse con el momento en que los niños aprenden a hacer representaciones de la información de manera más eficiente, como el agrupamiento de ítems o la formación de patrones. Por su lado, Gonthier et al., (2019), reportan que conforme el desarrollo, la forma en que se organizan las acciones, y se inhiben las respuestas inapropiadas es más eficiente, ya que se cuenta con mayor control de los recursos cognitivos. Este aumento en procesos inhibitorios más eficientes permite remover o filtrar de mejor manera la información irrelevante para la tarea (Gonthier et al., 2019; Oberauer et al 2012).

Muchos de estos cambios mencionados, se han correlacionado con procesos maduracionales en las redes frontoparietales, las cuales sostienen el funcionamiento de tipo ejecutivo (Klingberg et al., 2006).

La discusión sobre los elementos que hacen posible estos cambios observados a través del desarrollo aún sigue en estudio. Cowan, (2016), expone que se requiere más investigación para determinar cómo se combina el desarrollo de la MdT, con mejores mecanismos de control atencional, el incremento en el conocimiento, mayor capacidad de filtrar distracciones e información relevante, mejores estrategias de codificación y repaso de la información, así como mejores formas de establecer patrones.

*Valoración de parámetros que explican los límites de la capacidad de la MdT*

El modelo de recursos compartidos basado en el tiempo (Barrouillet et al., 2004), establece que la carga cognitiva depende de la proporción de tiempo que la atención es capturada por la tarea distractora, lo cual le impide alternar hacia el refrescamiento de la memoranda. Por ello, en las tareas diseñadas se incluyeron dos manipulaciones experimentales, que permitieron condiciones en las que la proporción de tiempo en que se capturaba la atención fuese menor (e.g., CCB) que la otra condición (e.g., CCA). No obstante, los resultados en este estudio, no identificaron el efecto de la carga cognitiva en las condiciones experimentales. La proporción de respuestas correctas de los ensayos de CCA no se diferenció de los ensayos de CCB, en ninguno de los grupos etarios. Ni siquiera en los grupos de mayor edad, que suponen ser más capaces de implementar el mecanismo de refrescamiento en beneficio de una mejor recuperación, logran reportar un efecto por la condición de carga cognitiva. El Modelo también propone que si la carga cognitiva se mantiene constante, el número de distractores no tendría efecto sobre la MdT tiempo (Barrouillet et al., 2004), no obstante, se observa que si hay diferencias, según el proceso cognitivo en la tarea secundaria, sea por la cantidad de representaciones mentales activas, o por tipo de evento de procesamiento ejecutado.

Desde el modelo de interferencia se asume que cada nueva información que requiere ser procesada cognitivamente ingresa al espacio cognitivo de la MdT, y ello suma interferencia en la memoranda meta (Oberauer et al., 2012). En este estudio se exploró el efecto que tuvo el tipo de proceso cognitivo evocado en la tarea secundaria, sobre el desempeño en MdT. Se propuso que la recuperación y el tiempo de respuesta se verían afectados por la competencia de las representaciones mentales activadas en el espacio cognitivo, en este caso, cantidad de ellas o diferencias del proceso cognitivo que suscitaban. Los resultados mostraron que los indicadores en la tarea de actualización son significativamente distintos a los de las tareas de flexibilidad e inhibición. Tal como se mencionó antes, esto puede explicarse si se toma en cuenta que la tarea secundaria en actualización requirió más representaciones mentales activadas en el espacio cognitivo, en cambio las tareas de inhibición y flexibilidad activaron la misma cantidad de representaciones. También, al manipularse más estímulos asociados a representaciones mentales, estos ocupan más espacios repetidos dentro de la grilla de trabajo.

Además de los recursos orientados a mantener la memoranda y manipular los distractores, la MdT requiere activar recursos para el proceso de remoción, es decir, “eliminar” representaciones distractoras y proteger la memoranda objetivo (Oberauer et al., 2012). Hasher, et al. (1999) plantea que la remoción de contenidos irrelevantes en MdT es una de las funciones de la inhibición, lo cual es un proceso activo que no solo toma tiempo sino que también compite con otros procesos cognitivos (Oberauer et al., 2012). De ahí que se puedan observar diferencias en los tiempos de respuesta, y que estas varíen conforma los grupos de edad.

También se sugiere que la interferencia puede ser mayor si las señales contextuales no son suficientemente diferentes entre sí (Oberauer et al., 2016), o cuando hay superposición de características entre el objetivo de memoria y el distractor, lo que se conoce como efecto de congruencia (Lorenc et al., 2021). En este caso ambas condiciones se presentaron en estas tareas, ya que tanto la codificación de la información en la fase del mantenimiento como la manipulación en la tarea secundaria, requirieron de los recursos en la modalidad viso espacial, y, además, la codificación y manipulación de información, relevante y no relevante, se dio dentro de la misma grilla de trabajo. Al respecto, Oberauer et al., (2008), sugieren que la recuperación de la memoranda representa mayor competencia, dada la cantidad de elementos que fueron activados en el espacio cognitivo de la MdT y la manipulación en el mismo contexto espacial.

Otro dato que puede explicar por qué la evidencia beneficia más al modelo de interferencia, es que se ha señalado que en la niñez existe mayor susceptibilidad a los procesos de interferencia por confusión, lo que supone afectación en el acceso adecuado a la representación mental en MdT (Rodríguez-Villagra et al., 2013).

### **Conclusiones**

Uno de los objetivos principales en las ciencias cognoscitivas es conocer la naturaleza y los mecanismos que subyacen a la creación, adquisición y representación del conocimiento, mediante metodologías experimentales, que permitan acercarse a los fenómenos complejos de la cognición. Adoptar un enfoque desde las ciencias cognoscitivas es abrir posibilidades para que la investigación se beneficie de métodos, conceptos y teoría, aportadas desde diferentes disciplinas que trabajan en la comprensión de la cognición (Favela, 2020). Por ello, en este estudio, se desarrollaron tareas experimentales, y se brindaron insumos para la discusión sobre constructos de sumo interés en el desarrollo cognitivo, tal como lo es la MdT. Esta habilidad cognitiva suma

cada vez más investigación que evidencia su aporte a la explicación de las diferencias individuales en el desarrollo.

La investigación en desarrollo cognitivo sigue interesada en aportar evidencia sobre el papel de los mecanismos que mejor expliquen los límites de esta capacidad cognitiva, la cual ha demostrado relevancia en el despliegue de procesos cognitivos complejos, actividades de la vida diaria y componentes de la salud mental. El interés se torna mayor, cuando se considera el curso de desarrollo que esta capacidad tiene durante la niñez. Así, tal como lo menciona Cowan (2016), lograr determinar cómo se combinan los diferentes mecanismos del desarrollo de la MdT, puede dar paso a mejores prácticas educativas, de atención temprana, y una mejor implementación de prácticas asociadas con el desarrollo humano integral en la niñez.

### Referencias

- Alloway, T. P., & Alloway, R. G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology, 106*(1), 20-29. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2009.11.003>
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2006). Verbal and Visuospatial Short-Term and Working Memory in Children: Are They Separable? *Child Development, 77*(6), 1698-1716. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2006.00968.x>
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1975). Working memory. *Psychology of learning and motivation, 8*, 47-89.
- Baddeley, A., Lewis, V., & Vallar, G. (1984). Exploring the Articulatory Loop. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A, 36*(2), 233-252. <https://doi.org/10.1080/14640748408402157>
- Barrouillet, P., Bernardin, S., & Camos, V. (2004). Time Constraints and Resource Sharing in Adults' Working Memory Spans. *Journal of Experimental Psychology: General, 133*(1), 83-100. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.1.83>
- Barrouillet, P., Bernardin, S., Portrait, S., Vergauwe, E., & Camos, V. (2007). Time and cognitive load in working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning,*

- Memory, and Cognition*, 33(3), 570-585. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.33.3.570>
- Barrouillet, P., & Camos, V. (2001). Developmental Increase in Working Memory Span: Resource Sharing or Temporal Decay? *Journal of Memory and Language*, 45(1), 1-20. <https://doi.org/10.1006/jmla.2001.2767>
- Barrouillet, P., & Camos, V. (2012). As Time Goes By: Temporal Constraints in Working Memory. *Current Directions in Psychological Science*, 21(6), 413-419. <https://doi.org/10.1177/0963721412459513>
- Barrouillet, P., & Camos, V. (2015). *Working Memory Loss and reconstruction*. Psychology Press.
- Barrouillet, P., & Lecas, J.-F. (1999). Mental Models in Conditional Reasoning and Working Memory. *Thinking & Reasoning*, 5(4), 289-302. <https://doi.org/10.1080/135467899393940>
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., Walker, S., Christensen, R. H., & Singmann, H. (2015). lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.1–7. 2014.
- Bayliss, D. M., Jarrold, C., Gunn, D. M., & Baddeley, A. D. (2003). The complexities of complex span: Explaining individual differences in working memory in children and adults. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132(1), 71-92. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.132.1.71>
- Buss, A. T., Ross-Sheehy, S., & Reynolds, G. D. (2018). Visual working memory in early development: A developmental cognitive neuroscience perspective. *Journal of Neurophysiology*, 120(4), 1472-1483. <https://doi.org/10.1152/jn.00087.2018>
- Camos, V., Lagner, P., & Barrouillet, P. (2009). Two maintenance mechanisms of verbal information in working memory. *Journal of Memory and Language*, 61(3), 457-469. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2009.06.002>
- Christopher, M. E., Miyake, A., Keenan, J. M., Pennington, B., DeFries, J. C., Wadsworth, S. J., Willcutt, E., & Olson, R. K. (2012). Predicting word reading and comprehension with executive function and speed measures across development: A latent variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(3), 470-488. <https://doi.org/10.1037/a0027375>
- Conway, A., 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(5), 769-786. <https://doi.org/10.3758/BF03196772>
- Cowan, N. (2016). Working Memory Maturation: Can We Get at the Essence of Cognitive Growth? *Perspectives on Psychological Science*, 11(2), 239-264. <https://doi.org/10.1177/1745691615621279>
- Cowan, N. (2017). Mental objects in working memory: Development of basic capacity or of cognitive completion? *Advances in Child Development and Behavior*, 52, 81–104. <https://doi.org/10.1016/bs.acdb.2016.12.001>
- Daneman, M., & Carpenter, P. (1980). 19(4), 450-466.
- Ecker, U. K. H., & Lewandowsky, S. (2012). Computational Constraints in Cognitive Theories of Forgetting. *Frontiers in Psychology*, 3. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00400>
- Farrell, S., & Lewandowsky, S. (2002). An endogenous distributed model of ordering in serial recall. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(1), 59-79. <https://doi.org/10.3758/BF03196257>
- Farrell, S., Oberauer, K., Greaves, M., Pasiiecznik, K., Lewandowsky, S., & Jarrold, C. (2016). A test of interference versus decay in working memory: Varying distraction within lists in a complex span task. *Journal of Memory and Language*, 90, 66-87. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2016.03.010>
- Favela, L. H. (2020). Cognitive science as complexity science. *WIREs Cognitive Science*, 11(4). <https://doi.org/10.1002/wcs.1525>
- Gavens, N., & Barrouillet, P. (2004). Delays of retention, processing efficiency, and attentional resources in working memory span development. *Journal of Memory and Language*, 51(4), 644-657. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2004.06.009>
- Gonthier, C., Zira, M., Colé, P., & Blaye, A. (2019). Evidencing the developmental shift from reactive to proactive control in early childhood and its relationship to working memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 177, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2018.07.001>
- Halford, G. S., Cowan, N., & Andrews, G. (2007). Separating cognitive capacity from knowledge: A new hypothesis. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(6), 236-242. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.04.001>
- Hardman, K. O., & Cowan, N. (2015). Remembering complex objects in visual working

- memory: Do capacity limits restrict objects or features? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 41(2), 325-347.  
<https://doi.org/10.1037/xlm0000031>
- Harrison, X. A., Donaldson, L., Correa-Cano, M. E., Evans, J., Fisher, D. N., Goodwin, C. E., ... & Inger, R. (2018). A brief introduction to mixed effects modelling and multi-model inference in ecology. *PeerJ*, 6, e4794.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2018). Encuesta Nacional de hogares 2018, San José. CR. Consultado <https://www.inec.cr/ingresos-y-gastos-de-hogares/ingresos-de-los-hogares>
- Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working-memory capacity and the control of attention: The contributions of goal neglect, response competition, and task set to Stroop interference. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132(1), 47-70.  
<https://doi.org/10.1037/0096-3445.132.1.47>
- 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), 189-217. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.2.189>
- Klingberg, T., 2006. Development of a superior frontal-intraparietal network for visuo-spatial working memory. *Neuropsychologia* 44 (11), 2171–2177.  
[doi:10.1016/j.neuropsychologia.2005.11.019](https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.11.019).
- Lépine, R. Ile, Parrouillet, P., & Camos, V. (2005). What makes working memory spans so predictive of high-level cognition? *Psychonomic Bulletin & Review*, 12(1), 165-170.  
<https://doi.org/10.3758/BF03196363>
- 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>
- Lewandowsky, S., Geiger, S. M., Morrell, D. B., & Oberauer, K. (2010). Turning simple span into complex span: Time for decay or interference from distractors? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36(4), 958-978.

- <https://doi.org/10.1037/a0019764>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, *41*(1), 49-100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Monsell, S. (2003). Task switching. *Trends in Cognitive Sciences*, *7*(3), 134-140. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(03\)00028-7](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(03)00028-7)
- Nairne, J. S. (1990). A feature model of immediate memory. *Memory & Cognition*, *18*(3), 251-269. <https://doi.org/10.3758/BF03213879>
- Oberauer, K. (2009). Chapter 2 Design for a Working Memory. En *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 51, pp. 45-100). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(09\)51002-X](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(09)51002-X)
- Oberauer, K., Farrell, S., Jarrold, C., & Lewandowsky, S. (2016). What limits working memory capacity? *Psychological Bulletin*, *142*(7), 758-799. <https://doi.org/10.1037/bul0000046>
- Oberauer, K., & Kliegl, R. (2006). A formal model of capacity limits in working memory. *Journal of Memory and Language*, *55*(4), 601-626. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2006.08.009>
- Oberauer, K., Lewandowsky, S., Farrell, S., Jarrold, C., & Greaves, M. (2012). Modeling working memory: An interference model of complex span. *Psychonomic bulletin & review*, *19*(5), 779-819.
- Oberauer, K., Süß, H.-M., Wilhelm, O., & Sander, N. (2008). Individual Differences in Working Memory Capacity and Reasoning Ability. En A. Conway, C. Jarrold, M. Kane, A. Miyake, & J. Towse (Eds.), *Variation in Working Memory* (pp. 49-75). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195168648.003.0003>
- Redick, T. S., Broadway, J. M., Meier, M. E., Kuriakose, P. S., Unsworth, N., Kane, M. J., & Engle, R. W. (2012). Measuring working memory capacity with automated complex span tasks. *European Journal of Psychological Assessment*, *28*(3), 164.
- Rodríguez-Villagra, O. A., Göthe, K., Oberauer, K., & Kliegl, R. (2013). Working memory capacity in a go/no-go task: Age differences in interference, processing speed, and attentional control. *Developmental Psychology*, *49*(9), 1683.

- Portrat, S., Camos, V., & Barrouillet, P. (2009). Working memory in children: A time-constrained functioning similar to adults. *Journal of Experimental Child Psychology*, *102*(3), 368-374. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2008.05.005>
- R Core Team (2019). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Saito, S., & Miyake, A. (2004). On the nature of forgetting and the processing-storage relationship in reading span performance. *Journal of Memory and Language*, *50*(4), 425-443. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2003.12.003>
- Swanson, H. L., Xinhua Zheng, & Jerman, O. (2009). Working Memory, Short-Term Memory, and Reading Disabilities: A Selective Meta-Analysis of the Literature. *Journal of Learning Disabilities*, *42*(3), 260-287. <https://doi.org/10.1177/0022219409331958>
- Tam, H., Jarrold, C., Baddeley, A. D., & Sabatos-DeVito, M. (2010). The development of memory maintenance: Children's use of phonological rehearsal and attentional refreshment in working memory tasks. *Journal of Experimental Child Psychology*, *107*(3), 306-324. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.05.006>
- Team, R. (2018). RStudio: integrated development for R. RStudio, Inc, Boston, MA.
- Towse, J. N., Hitch, G. J., & Hutton, U. (2000). On the interpretation of working memory span in adults. *Memory & Cognition*, *28*(3), 341-348. <https://doi.org/10.3758/BF03198549>
- Vergauwe, E., Barrouillet, P., & Camos, V. (2009). Visual and spatial working memory are not that dissociated after all: A time-based resource-sharing account. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *35*(4), 1012-1028. <https://doi.org/10.1037/a0015859>
- Wickham, H. (2017). The tidyverse. R package, 1(1), 1.
- Winter, B. (2013). Linear models and linear mixed effects models in R with linguistic applications. arXiv preprint arXiv:1308.5499.

## Anexo 1. Consentimiento informado



**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**  
**VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN**  
**COMITÉ ÉTICO CIENTÍFICO**  
 Teléfonos: (506) 2511-4201    Telefax: (506) 2224-9367

Maestría en Ciencias  
 Cognoscitivas

### FÓRMULA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

(Para ser sujeto de investigación)

**Mecanismos relacionados con los límites de la capacidad de la Memoria de Trabajo en niños y niñas en edad escolar: valoración desde la hipótesis de decaimiento y de interferencia.**

Código (o número) de proyecto: \_\_\_\_\_

Investigadores: Odir Rodríguez Villagra, Ph.D (Director de tesis), Licda. Johanna Sibaja Molina (Tesiaria).

Nombre del participante: \_\_\_\_\_

- A. PROPÓSITO DEL PROYECTO:** Como parte del trabajo final de graduación de la Maestría en Ciencias Cognoscitivas, se realiza una investigación sobre los mecanismos relacionados con la Memoria de Trabajo. La Memoria de Trabajo es una capacidad cognitiva que nos permite mantener información en mente y de forma simultánea manipularla. Es una capacidad relevante para realizar muchas de las actividades de la vida diaria, así como actividades académicas tales como leer, escribir, y calcular. El objetivo de esta investigación es comprender los mecanismos relacionados con los límites de la capacidad de Memoria de Trabajo en niños y niñas en edad escolar.
- B. ¿QUÉ SE HARÁ?:** Para aceptar que su hijo o hija participe en el estudio usted deberá haber leído y firmado el consentimiento. En caso de aceptar se realizará lo siguiente:
- La persona adulta responsable del niño (a), participará de una entrevista con la investigadora, para conocer algunos aspectos de la historia longitudinal del niño (a). Asimismo, para hacer la demostración de algunas de las tareas con las que se realizarán las evaluaciones a los niños y niñas.
  - Con el niño (a) se realizarán sesiones de evaluación, donde se aplicarán tareas de memoria, tiempo de reacción o búsqueda visual. Las tareas tendrán un formato en computadora y otras en láminas de papel y consisten en la presentación estímulos visuales, ante los cuales deberá emitir una respuesta.
  - La aplicación de las tareas se hace de manera individual. En este proceso de evaluación solo estarán involucrados la investigadora o asistente de investigación y el niño (a). Se realizarán al menos dos sesiones de trabajo para la aplicación de tareas. El tiempo de cada sesión de trabajo será de 60 minutos aproximadamente dentro del horario lectivo.
  - Todas las sesiones serán grabadas con cámaras (audio y video), esto con el objetivo de que la persona adulta encargada esté enterada de todo el proceso de evaluación del niño o niña. La grabación iniciará desde que se ingrese al aposento de evaluación y finalizará hasta que

Comité Ético Científico \_\_\_\_\_  
 Universidad de Costa Rica

el niño o niña salga del aposento. El tiempo de grabación será continuo desde el inicio hasta el final. Estos videos se utilizarán para garantizar la seguridad de los niños y niñas evaluadas, así como de los y las investigadoras del proyecto. Los videos estarán disponibles durante un año posterior a la grabación. Durante este tiempo la persona encargada del niño o niña podrá hacer en cualquier momento, la solicitud al equipo investigador de una copia de los videos.

- Las imágenes de los videos podrían ser utilizadas para ilustrar los procedimientos del proyecto, en actividades académicas o artículos científicos, pero siempre bajo estricta confidencialidad. Pasado un año de concluido el proyecto, los videos serán eliminados.
- Una vez finalizado el trabajo se coordinarán al menos dos actividades que permitan hacer una devolución sobre el proceso de evaluación y de la información recolectada, tanto a las instituciones participantes como a las familias, y que además dicha actividad permita capacitar sobre el tema de la Memoria de Trabajo.

**C. RIESGOS:**

Por las características del estudio, la persona participante no tiene riesgo alguno. El tipo de pruebas conductuales tienen un formato de juego, lo cual motiva la participación y colaboración de los niños y niñas. En caso de que por las características de las tareas el niño o la niña mostrara aburrimiento o cansancio y desee retirarse de la sesión, podrá hacerlo sin ninguna consecuencia.

- D. BENEFICIOS:** Como resultado de la participación en este estudio, no se obtendrá ningún beneficio directo. Sin embargo, el proceso investigativo generará conocimiento que aporte al estudio de los mecanismos que limitan la capacidad de Memoria de Trabajo. De esta forma, se propone que a partir de la información sistematizada en este trabajo y de los principales resultados encontrados, se realicen actividades de capacitación sobre el tema de la Memoria de Trabajo dirigido al equipo docente de las instituciones participantes, y a las familias que colaboren con el proyecto.

- E. VOLUNTARIEDAD:** La participación en esta investigación es voluntaria y la persona puede negarse a participar o retirarse en cualquier momento sin perder los beneficios a los cuales tiene derecho, ni recibir castigo de ninguna forma por el retiro o falta de participación. Bajo ninguna circunstancia se fomentará la participación en el estudio valiéndose de condiciones que coloque a la persona en una posición vulnerable, es decir, ninguna figura de poder le obligará a participar bajo ninguna circunstancia.

- F. CONFIDENCIALIDAD:** Toda la información del presente estudio estará sujeta a un criterio de estricto anonimato de la información, el acceso a las bases de datos estará restringido al equipo de investigación (que incluye tanto a investigadores como asistentes de investigación que se encuentran bajo la supervisión de los primeros) y en caso de ser divulgadas en el contexto académico bajo ninguna circunstancia será posible ligar los resultados a una persona en particular. Los resultados de la investigación podrán ser publicados en revistas científicas, o bien ser reanalizados en trabajos finales de graduación para grado o posgrado, siempre y cuando se mantenga el criterio de anonimato de quienes participen. Una vez finalizado el estudio, usted podrá tener acceso a los resultados contenidos en las publicaciones científicas que sea posible derivar del estudio a través de la investigadora principal.

- G. INFORMACIÓN:** Antes de dar su autorización para este estudio usted debe haber hablado con Johanna Sibaja Molina sobre este estudio, quien debe haber contestado satisfactoriamente todas sus preguntas. Si quisiera más información, puede obtenerla llamando a la Licda. Johanna Sibaja Molina al teléfono 2511-8261 en el horario de lunes a viernes de 9 am a 4 p.m. Además, puede consultar sobre los derechos de los Sujetos Participantes en Proyectos de Investigación a la Dirección de Regulación de Salud del Ministerio de Salud, al teléfono 2257-2090, de lunes a viernes de 8 a.m. a 4 p.m. Cualquier

consulta adicional puede comunicarse a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica a los teléfonos 2511-4201 ó 2511-5839, de lunes a viernes de 8 a.m. a 5 p.m

- H. Usted NO perderá ningún derecho legal por firmar este documento.
- I. Recibirá una copia de esta fórmula firmada para su uso personal.

### CONSENTIMIENTO

He leído o se me ha leído, toda la información descrita en esta fórmula, antes de firmarla. Se me ha brindado la oportunidad de hacer preguntas y éstas han sido contestadas en forma adecuada. Por lo tanto, accedo a participar como sujeto de investigación en este estudio

\_\_\_\_\_  
Nombre, cédula y firma del sujeto (niños mayores de 12 años y adultos) fecha

\_\_\_\_\_  
Nombre, cédula y firma del testigo fecha

\_\_\_\_\_  
Nombre, cédula y firma del Investigador que solicita el consentimiento fecha

\_\_\_\_\_  
Nombre, cédula y firma del padre/madre/representante legal (menores de edad) fecha