



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA  
ARGENTINA  
SANTA MARIA DE LOS BUENOS AIRES**

Facultad de Psicología y Psicopedagogía

**“Procesos cognitivos, perseverancia y apertura a la resolución de problemas: sus interrelaciones e influencia en la Resolución de Problemas Complejos en estudiantes universitarios”,**”

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN  
PSICOLOGÍA DE LA FACULTAD DE PSICOLOGÍA Y  
PSICOPEDAGOGÍA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA  
ARGENTINA**

**Doctorando:** Lic. Pablo Christian González

**Director:** Dra. Mariel Fernanda Musso

**Lugar:** Buenos Aires, Argentina

**Año:** 2019



## **AGRADECIMIENTOS**

*En primer lugar, quiero agradecer a toda mi familia por el apoyo incondicional tanto en la carrera de grado como con la carrera doctoral. No sería lo que soy sin toda su influencia. Gracias por todo, de verdad.*

*En segundo lugar, a la Universidad Argentina de la Empresa, la cual considero mi casa académica y mi segunda casa. Muchas gracias por la oportunidad de realizar la beca cofinanciada UADE – CONICET. Sin el apoyo y el empuje del equipo y directivos no podría haber conseguido llegar a este momento.*

*En tercer lugar, a mi maestro, mentor, amigo y colega el Dr. Santiago Resett, con el cuál no hubiese aprendido y crecido hasta aquí, y que seguramente me seguirá enseñando en los años venideros. ¡Por muchos años más de amistad y trabajo!*

*En cuarto lugar, a todos mis amigos, que son mis hermanos en esta vida (ya saben de quienes hablo)*

*En quinto lugar, a mi directora la Dra. Mariel Musso, por darme la oportunidad de hacer el doctorado en Psicología. ¡Muchas gracias!*

*Finalmente, a todos los que fueron y son parte.*

## Índice

Agradecimientos.....	3
Índice.....	4
<b>Capítulo I – Introducción.....</b>	<b>10</b>
Antecedentes.....	10
Marco conceptual.....	10
Relevancia y planteamiento del problema.....	20
Preguntas de investigación.....	24
Objetivos.....	25
Hipótesis.....	26
<b>Capítulo II – Marco teórico.....</b>	<b>28</b>
Arquitectura cognitiva.....	28
Memoria de trabajo.....	34
Redes atencionales.....	43
Variables motivacionales.....	48
Resolución de problemas complejos.....	51
<b>Capítulo III – Método.....</b>	<b>62</b>
Diseño.....	62
Población y participantes.....	62
Procedimiento de recolección de datos.....	64

Instrumentos.....	64
Procedimiento de análisis de datos.....	69
<b>Capítulo IV – Resultados.....</b>	<b>72</b>
<b>Capítulo V – Discusión.....</b>	<b>96</b>
Conclusión.....	108
Limitaciones y recomendaciones.....	110
<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>112</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>140</b>

Procesos cognitivos básicos y su relación con perseverancia y apertura en la Resolución de Problemas Complejos desde un enfoque interactivo en estudiantes universitarios

## Resumen

La resolución de problemas complejos (RPC) es una de las competencias más requeridas para el siglo XXI generando desafíos en el campo educativo. La RPC se refiere a un proceso cognitivo de razonamiento y resolución de problemas, donde no existe un método de solución inmediatamente evidente. Este proceso involucra ciertos procesos cognitivos, además de otros factores actitudinales y de motivación. La presente tesis doctoral busca analizar las interrelaciones entre dichos procesos cognitivos (memoria de trabajo y redes atencionales) y variables motivacionales (apertura a la resolución de problemas complejos y perseverancia) involucradas en tareas de RPC para estudiar su impacto en las distintas fases de RPC (estrategia, adquisición y aplicación del conocimiento). Para esto, se completó una muestra de 350 estudiantes universitarios de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (57%) y la de Ciudad de Paraná, Entre Ríos (43 %), de los cuales se seleccionaron un total de 215 participantes (68% femenino), con una media de edad de 22 años ( $DE= 5.16$ ), quienes completaron una batería informatizada con las siguientes pruebas: AOSPAN de memoria de trabajo, ANT de redes atencionales, dos escalas de variables motivacionales (apertura a la resolución de problemas complejos y perseverancia) utilizadas en los exámenes PISA 2012 y una prueba dinámica de resolución de problemas complejos. Todos los estudiantes firmaron un consentimiento informado. Los resultados arrojaron correlaciones entre la memoria de trabajo, la apertura y las tres fases de la resolución de problemas complejos. Se encontró una interacción significativa entre grupo cognitivo y la apertura a la resolución

de problemas en su efecto sobre la RPC, como así también un efecto directo del grupo cognitivo sobre la adquisición y aplicación del conocimiento. Además, la memoria de trabajo fue el mayor predictor de las fases de resolución de problemas complejos. En concordancia con estudios previos, la memoria de trabajo tiene un rol fundamental en las tareas de resolución de problemas, pero así también las variables motivacionales tienen un papel importante en los grupos donde la memoria de trabajo es alta. Este estudio es un aporte a la psicología educacional, buscando generar una integración entre el área educativa y el mercado laboral, el cual exige nuevas competencias para afrontar los problemas que presenta el nuevo siglo y el avance de la tecnología.

Palabras clave: memoria de trabajo, redes atencionales, resolución de problemas complejos

## **Basic cognitive processes and motivational factors: relationships and effects on Complex Problem Solving from an interactive approach in university students**

### **Abstract**

Complex problem solving (CPS) is one of the most required competencies for the 21st century. The CPS refers to a cognitive process of reasoning and problem solving, where there is no method of immediate solution. This process involves cognitive processes, as well as other attitudinal and motivational factors. The present doctoral thesis seeks to analyze the interrelationships between said cognitive processes (working memory and attentional networks) and the motivational variables involved in CPS tasks to study their impact in the different phases of CPS (strategy, acquisition and application of knowledge). For this, a sample of 350 university students from the Autonomous City of Buenos Aires (57%) and the City of Paraná, Entre Ríos (43%) was completed, of which a total of 215 participants were selected (68% female) (with a mean age of 22 years) (SD = 5.16), who completed a computerized battery with the following tests: AOSPAN of working memory, NTA of attentional networks, two scales of motivational variables (openness to solving complex problems) PISA 2012 and a dynamic test to solve complex problems. All students signed an informed consent. The results showed correlations between working memory, openness and the three phases of solving complex problems. It is a significant interaction in the cognitive group and the opening in the resolution of problems in its effect on the CPS, as well as in the direct effect of the cognitive group on the acquisition and application of knowledge. In addition, working memory was the best predictor of the phases of solving complex problems. Working memory has a fundamental role in solving problems, but also motivational variables play an important role in groups where working memory is high. This study

is a contribution to educational psychology, seeking to generate an integration in the educational area and the labor market, which has the necessary skills to face the problems presented by the new century and the advancement of technology.

Keywords: working memory, attentional networks, complex problem solving

## Capítulo I: Introducción

### Antecedentes

El avance a gran escala de la tecnología y la globalización propia del siglo XXI, generaron grandes cambios en todas las áreas de la sociedad. Los tipos de problemas y demandas de la vida cotidiana actual requieren una adaptación de habilidades y competencias para resolver estos nuevos desafíos (Greiff, Wüstemberg, Csapó, Demetriou & Hautamäki, 2014).

Es por ello que la evaluación de estas nuevas competencias se ha enfatizado en los últimos años, tanto en el campo de la psicología educacional como en las ciencias de la educación. Específicamente, las habilidades para adaptarse a situaciones nuevas, aprender de los errores y resolver complejas situaciones problemáticas, han merecido especial atención en el contexto de la evaluación internacional de PISA (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 2012) y en programas tales como el Programa para la Evaluación de las Competencias de Adultos (OECD, 2010). La mayoría de las conceptualizaciones sobre “competencia” acuerdan que ésta se da en el entrecruzamiento entre conocimiento, habilidades, comprensión, valores, actitudes y deseo que lleva a una acción efectiva en el mundo dentro de un área particular (Hoskins & Deakin Crick, 2010). De esta manera, una competencia es definida como: “la habilidad para hallarse exitosamente frente a las complejas demandas en un contexto particular a través de condiciones psicosociales (incluyendo aspectos cognitivos y no cognitivos), estructuras mentales internas en el sentido de habilidades, disposiciones o recursos, dado en la interacción del individuo con una tarea o demanda del mundo real específica” (Rychen & Salaggnick, 2003, p.43). A su vez, las competencias utilizan

diferentes recursos cognitivos y no cognitivos que contribuyen a una exitosa resolución de problemas (Funke, Fisher & Holt, 2017).

Por otro lado, cabe señalar la decisión de las evaluaciones PISA 2012 de tomar el constructo de resolución de problemas en lugar del clásico constructo de inteligencia. Esta decisión puede explicarse por el ya señalado incremento constante de la complejidad en todas las esferas de la vida cotidiana, característico de la interconexión entre la vida social y económica de este siglo, haciendo necesario un cambio en la forma de pensar y analizar. Por esto se hizo necesario, en el contexto de la evaluación de las pruebas PISA, un enfoque holístico en lugar de un pensamiento simple y mecánico de causa-efecto: en el mismo se consideran todas las dinámicas de un sistema determinado (Brehmer 1991, 2007).

Las evaluaciones PISA 2012 definen a la resolución de problemas como la capacidad de participar en un proceso cognitivo para entender y resolver problemas donde no hay un método de solución inmediatamente obvio incluyendo la voluntad de participar en dichas situaciones. De esta manera, los estudiantes deben estar abiertos a explorar lo novedoso, tolerar los momentos de incertidumbre y duda, y atreverse a usar su propia intuición para poder encontrar una solución al problema que se le plantea.

El desarrollo de las competencias que hacen a la resolución de problemas complejos (RPC) es uno de los objetivos más buscados frente a esta nueva disyuntiva, pero, al mismo tiempo, genera desafíos en el campo educativo. Se entiende que un problema complejo surge cuando a) una persona quiere lograr una determinada meta en una situación que tiene muchos elementos interrelacionados (Dorner, 1989) y b) la estructura causal de la situación no es suficientemente conocida por la persona (Fishcher, Greiff & Funke, 2012). Desde esta perspectiva, la RPC se refiere a un proceso cognitivo de razonamiento y resolución de problemas, donde no existe un método de

solución inmediatamente evidente. Este proceso involucra la voluntad para participar en dichas situaciones, además de otros factores motivacionales y cognitivos. Entonces, si la resolución de problemas complejos se refiere a un proceso cognitivo de razonamiento y aplicación del conocimiento más allá del contexto donde se aprendió, permitiendo encontrar soluciones nuevas que no son evidentes, ¿qué procesos cognitivos básicos lo hacen posible? ¿Cómo interactúan dichos procesos con la motivación del sujeto?

### **Marco Conceptual**

Ducker (1935) fue el primero en proponer la resolución de problemas como la necesidad que se da en un organismo cuando persigue un objetivo y no sabe cómo llegar a ese objetivo. Esta definición posee tres componentes: un estado dado, un estado objetivo al cual llegar y obstáculos dentro del estado dado y el estado objetivo. A su vez, la capacidad de resolución de problemas complejos es posible debido a diferentes procesos cognitivos subyacentes. Newell y Simon (1963) propusieron una mirada de la resolución de problemas desde la teoría de la información, donde esta actividad se basa en estados de conocimiento, operadores cambiando de un estado al otro y obstáculos en la aplicación de estos operadores.

La resolución de problemas complejos, unas de las habilidades más buscadas de este siglo, engloba aquellas habilidades que pueden lidiar satisfactoriamente con problemas dinámicos y poco transparentes, en constante cambio (Maquil, Tobias, Greiff & Ras, 2014). Para resolver problemas complejos, los individuos deben adquirir y aplicar conocimiento acerca de sistemas complejos, analizando la estructura y las dinámicas del sistema (Funke, 2001). Para ello, es importante previamente avanzar en

el desarrollo de instrumentos confiables y válidos que se apoyen en la evidencia teórica y empírica del campo de investigación (Dörner, 1986; Greiff, 2012; Funke, 2001).

La RPC debe ser medida en contextos dinámicos, a diferencia de los clásicos problemas estáticos de lápiz y papel (Fischer, Greiff, & Funke, 2012; Frensch & Funke, 1995). Las evaluaciones computarizadas poseen numerosas ventajas, tales como, flexibilidad de aplicación, la oportunidad de usar audio y video, la construcción de tareas dinámicas y la disponibilidad de archivos de registro, capaces de capturar el proceso entero de resolución de un problema (Parshall, Harmes, Davey & Pashley, 2010). Las evaluaciones computarizadas de RPC crean escenarios donde el sujeto debe interactuar y controlar el sistema (Funke, 1988). A su vez, los ambientes diseñados interactivamente proveen mayor precisión en la medición del constructo de RPC, proporcionando medidas de alta confiabilidad en las diferentes dimensiones de RPC (Kröner, Plass & Leutner, 2005), además de una alta validez predictiva, como es el caso de la predicción del éxito profesional (Danner, Hagemann, Schankin, Hager, & Funke, 2011) y predicción de calificaciones escolares (Greiff et al., 2012; Wüstenberg, Greiff, & Funke, 2012).

Actualmente, la investigación de RPC es llevada a cabo a través de simulaciones por computadora para examinar aquellos procesos utilizados en su resolución. Como Funke (2001) señala, los problemas abordados en la investigación de RPC, difieren mucho de las tradicionales tareas de inteligencia (y tareas utilizadas en resolución de problemas analíticos) en las siguientes características: 1) la complejidad de la situación y la conectividad entre el gran número de variables fuerza a los actores a reducir grandes cantidades de información y anticipar efectos secundarios; 2) la dinámica natural de la situación problemática requiere que el sujeto prevea a futuro y planifique, como así también requiere el control a largo plazo de los efectos de las decisiones; 3) el

desconocimiento de los escenarios demanda al sujeto una sistemática recolección de información; y 4) la existencia de múltiples metas exige una cuidadosa elaboración de prioridades y un balance entre metas contradictorias o conflictivas entre sí (Funke, 2001).

Por otro lado, el sistema de estructuras lineales, base del enfoque que se plantea en este trabajo, utiliza ítems que han sido varias veces usados para el desempeño en RPC (Blech & Funke, 2006), donde los participantes deben detectar relaciones causales y controlar el sistema presentado, permitiendo modelar varias situaciones de la vida cotidiana donde el planeamiento estratégico, el modelado interno y el control del sistema son cruciales (Greiff & Funke, 2009). Este enfoque propone superar algunas limitaciones anteriores de los estudios de RPC, por ejemplo, la falta de un marco teórico común (basamento teórico), además de ser fáciles de construir, generando un banco de ítems que varían en su dificultad. Además, un suficiente número de ítems divergentes pueden ser presentados (lo que permite cumplir con el requisito de independencia del ítem), permitiendo que muchas situaciones diarias puedan ser descritas por sus ítems (validez ecológica). Los participantes deben manipular variables exógenas influenciando las variables endógenas, generando diferentes efectos y niveles de influencia entre ellas (Greiff & Funke, 2009). Algunos efectos pueden ser controlados activamente manipulando las variables exógenas entre un rango determinado (efecto principal, efecto múltiple y dependencia múltiple), y llegar a otras mediante estrategias, sin posibilidad de manipularlos directamente (efectos secundarios y procesos auto-regresivos).

Desde un enfoque analítico, el proceso de resolución comprende dos etapas: la adquisición de conocimiento y la aplicación de conocimiento orientado a una meta predeterminada (Funke, 2001). La primera etapa describe una situación de aprendizaje

complejo en la cual el sujeto debe explorar detalles sobre la conectividad de las variables y la dinámica que se dan entre ellas. En la segunda, el sujeto aplica el conocimiento anteriormente adquirido en pos de alcanzar un estado deseado dentro del sistema. En cambio, desde un enfoque interactivo planteado por PISA (OECD, 2012), la adquisición y la aplicación de conocimiento para la solución de problemas involucra componentes dinámicos adicionales y tiene lugar en ambientes interactivos (Funke, 1995). Este cambio de enfoque implica también un avance metodológico: de la clásica prueba de lápiz y papel de PISA 2003 se avanzó hacia un entorno computarizado e interactivo en el cual los estudiantes pueden probar diferentes ideas para resolver problemas en ambientes simulados. La resolución de problemas en ambientes interactivos está caracterizada por una interacción dinámica entre la persona y el problema, para generar e integrar información acerca del mismo. Desde este enfoque, se distinguen cuatro procesos subyacentes en la resolución de problemas: explorar y entender, representar y formular, planear y ejecutar y, por último, evaluar y reflexionar. Los dos primeros procesos corresponderían a la primera etapa, de adquisición del conocimiento, mientras que los dos últimos a la etapa de aplicación del conocimiento.

Los ejemplos de problemas complejos que han sido analizados en estudios previos varían a través de los años, con simulaciones en sus comienzos donde se manejaban pequeños ecosistemas como TANALAND (Dorner, 1975), DAGU (Reither, 1981), o MORO (Strohschneider, 1986) hasta los ejemplos más recientes donde se encuentran simulaciones que incluyen situaciones como manejar un taller de costura (Danner, Hagemann, Holt, Bechthold, Schankin, Wüstenberg & Funke, 2011) o una fábrica de azúcar (Berry & Broadbent, 1984), apagar incendios (Brehmer & Allard, 1991), luchar contra epidemias (Badke-Schaub, 1993), entender y controlar dispositivos técnicos complejos (Buchner & Funke, 1993; Klahr & Dunbar, 1988; Leutner, Wirth,

Klieme & Funke, 2005), explorar un laboratorio de química (Greiff, Wüstenberg & Funke, 2012) o laboratorio de genética (Sonnleitner et al., 2012) .

Estudios previos han encontrado diferencias respecto a cuánto predice la RPC los logros académicos: en ciencias naturales la resolución de problemas complejos explicó un gran porcentaje de la variancia, a diferencia de los logros en ciencias sociales (Greiff, Fischer, Wustenberg, Sonnleitner, Brunner & Martin, 2013). Tanto las áreas sociales como las exactas, constituyen áreas prioritarias para el desarrollo social y económico de la sociedad, y por lo tanto, la preparación de profesionales competentes para la solución de problemas complejos resulta de vital importancia. Los años de escolaridad, si bien sigue siendo un indicador utilizado para la predicción del crecimiento y capital humano de un país, en los últimos años está recibiendo críticas y es sustituido por las habilidades cognitivas de los sujetos y sus niveles de competencias en áreas académicas y laborales.

Como se ha dicho, la capacidad de resolución de problemas complejos es posible debido a diferentes procesos cognitivos subyacentes. El presente estudio se focaliza en la capacidad de memoria de trabajo y mecanismos atencionales. Algunos estudios previos señalan una alta correlación entre la competencia de resolución de problemas complejos e inteligencia en su predicción de notas escolares (Wustenberg, Greiff & Funke, 2012). A su vez, se sabe que la inteligencia fluida tiene una alta correlación con la memoria de trabajo (Redick, Unsworth, Kelly & Engle, 2012; Redick, Broadway, Meier, Kurikose, Unsworth, Kane & Engle, 2012, Broadway & Engle, 2010).

La memoria de trabajo es el sistema cognitivo que permite a las personas retener cierta cantidad de información por un tiempo limitado, al servicio de procesos cognitivos más complejos (Shipstead, Lindsey, Marshall & Engle, 2014). La memoria de trabajo involucra el mantenimiento activo y el procesamiento ejecutivo de la

información disponible en el sistema cognitivo, con una mínima pérdida de ésta (Jarrold & Towse, 2006).

Estudios previos señalan una fuerte correlación entre la capacidad de memoria de trabajo y la solución de problemas complejos, razonamiento y desempeño en distintas áreas (Redick et al, 2012; Broadway y Engle, 2010; Redick et al, 2012; Musso, Kyndt, Cascallar & Dochy, 2012; 2013). Se han señalado las diferencias entre expertos y novatos en cuanto a la capacidad de los primeros de aprender una cantidad mayor de elementos en su memoria operativa y retenerlos por más tiempo, cuando esos elementos son parte de una configuración dentro de su experticia (Fisher et al., 2012). Sweller (2005) en su teoría de la carga cognitiva explica que, para adaptarse eficientemente a ambientes dinámicos, la arquitectura cognitiva del ser humano debe contar con: una memoria de trabajo, que debe ser capaz de procesar alrededor de cuatro elementos al mismo tiempo, a la vez que manipularlos y combinarlos, y una memoria a largo plazo. Para que la capacidad de memoria de trabajo se ocupe de procesos que sean relevantes al aprendizaje, la carga de trabajo debe ser del menor tamaño posible. En lo que se refiere a la solución de problemas, Sweller (2005) ha encontrado que, las personas expertas pueden asimilar en un solo esquema varios elementos, a diferencia de las personas novatas en la tarea, lo cual disminuye la carga en la memoria de trabajo.

Nuestro sistema cognitivo recibe constantemente distintos estímulos del entorno que compiten entre sí para usar los recursos limitados del mismo, requiriendo así nuestra atención. Esta investigación considera el modelo teórico planteado por Posner & Petersen (1990), quienes plantean tres diferentes y semi - independientes redes atencionales: orientación, alerta y atención ejecutiva. La red de orientación permite la selección de información desde el input sensorial, la red de alerta refiere a un sistema que logra y mantiene un estado de detección de nuevos estímulos, y la atención ejecutiva

o control ejecutivo es responsable de resolver el conflicto entre respuestas que compiten entre sí (Fan, McCandiss, Summer, Raz & Posner, 2002).

Si bien son procesos parcialmente solapados, la atención ejecutiva y la memoria de trabajo tienen funciones separadas (Engle, 2018). La memoria de trabajo posee dos procesos identificados (Shipstead et al, 2012), una de foco referida a la cantidad de información mantenida en la memoria de trabajo y una de control de atención, referida a la habilidad de dirigir la atención a la información relevante e inhibiendo la información irrelevante (Shipstead et al, 2012). En los contextos educacionales, ambos procesos son extremadamente importantes. Sin embargo, estudios previos (Engle & Kane, 2004) mostraron el papel importante de la memoria de trabajo sobre tareas educativas sin importar los niveles de atención ejecutiva, debido a su rol en el mantenimiento de la información relevante y recuperación de información de la memoria inactiva. Además, en un estudio reciente, se ha encontrado que ambas presentan diferentes efectos sobre tareas de matemática (Musso, Boekaerts, Cascallar & Segers, 2019). De esta manera, estudiantes con altos niveles de memoria de trabajo podrían tener mayor control sobre estos procesos en comparación con los estudiantes con baja memoria de trabajo (Kane & Engle, 2000). Igualmente, los estudiantes con baja memoria de trabajo son capaces de usar otros recursos cognitivos, como la atención (Beilock & Carr, 2005; Feldman Barrett et al., 2004; Musso et al., 2019). Esto hace que los estudiantes con alta atención ejecutiva puedan tener un mejor desempeño en las tareas educativas que los estudiantes con baja memoria de trabajo y baja memoria ejecutiva (Musso, 2016).

La RPC implica, además de los procesos cognitivos mencionados, otras características individuales tales como la apertura a la resolución de problemas y la perseverancia. Uno de los resultados más significativos que arrojó PISA 2012 es que, un mejor desempeño en matemática y en resolución de problemas complejos se

correlaciona con altos niveles en apertura a la resolución de problemas, una medida general de impulso y motivación (OECD, 2013). Altos niveles de apertura a la resolución de problemas no garantizan un alto desempeño en la tarea. Sin embargo, esta variable establece diferencias entre los estudiantes que tienen mejor desempeño en resolución de problemas. Lo mismo sucede con la “perseverancia”: altos niveles de perseverancia tienen un importante efecto entre los estudiantes con mejor desempeño en resolución de problemas complejos, pero no en los de bajo desempeño. Esto demuestra que las habilidades de los estudiantes para alcanzar los mejores niveles de desempeño no son solamente una función de sus aptitudes y talentos; si los estudiantes no incluyen junto a sus capacidades cognitivas el trabajo con empeño y perseverancia, no lograrían maestría en ningún campo. Por otra parte, el impulso general y la motivación parecería estimular un alto desempeño en todas las situaciones que los estudiantes encuentran desafíos cognitivos, no solamente en las pruebas de matemáticas (OECD, 2013).

Esto va en línea con estudios previos, como el realizado por Musso (2016), donde la autoeficacia tuvo un efecto moderador positivo solo en los grupos de estudiantes con alta memoria de trabajo y alta atención ejecutiva, siendo menor en aquel grupo con baja memoria de trabajo y alta atención ejecutiva, y nulo para los estudiantes con ambos recursos cognitivos bajos. Esto se puede explicar debido a que las creencias de los estudiantes guían cuánto empeño ponen en la tarea, y que tan perseverantes pueden ser en terminarlas. Bell y Kozlowski (2002) encontraron que la orientación al aprendizaje interactúa con las habilidades de los estudiantes, beneficiando esta interacción solamente a estudiantes con habilidades altas. A su vez, los resultados de PISA 2012 (OECE, 2013) encontraron similares resultados, donde la perseverancia sólo tuvo un impacto positivo en estudiantes con desempeño alto.

Con respecto a las diferencias en la memoria de trabajo entre hombres y mujeres, estudios previos señalan la mayor capacidad de los hombres en la manipulación de la información a nivel mental (Guo et al, 2015), aunque no hay demasiados estudios realizados sobre esta temática. Las diferencias de sexo en la atención ejecutiva pueden ser explicadas por la existencia de cambios madurativos complejos en el sistema atencional, los cuáles parecen estar influidos por el sexo (Novakovic & Agopian, 1995). A su vez, estudios previos encontraron diferencias durante tareas visoespaciales y tareas de atención sostenida y focalizada, siendo los hombres los que presentaron mejores resultados que las mujeres (Bradshaw & Nettleton, 1983; Kolb & Whishaw, 1985; Musso, Costa Lieste & Duarte, 2012).

En el caso del papel de los padres, la literatura científica señala también efectos del nivel educativo de los padres sobre el desempeño de los estudiantes, ya que los estudiantes que perciben un apoyo de los padres en sus estudios, consiguen mejores resultados (De Planty, Coulter – Kenn & Duchane, 2010; Musso et al., 2019). A su vez, estudios anteriores señalan el importante papel del involucramiento de los padres sobre la formación de sus hijos y como este involucramiento tiene efectos positivos sobre el desempeño de los hijos (White, 1982). Kadiravan (2012) señala también diferencias en la auto- regulación de los alumnos según los niveles de educación de los padres.

Por otro lado, las áreas de ciencias duras requieren un gran nivel de pensamiento abstracto y aplicaciones prácticas, teniendo un gran nivel de resolución de problemas complejos (Greiff, 2013), a diferencia de las áreas de ciencias sociales.

### **Relevancia y planteamiento el problema**

La capacidad de resolver problemas de alta complejidad contribuye más que cualquier otra habilidad al crecimiento de la cultura y al desarrollo de la vida humana

(Fresch & Funke, 2001). En las últimas décadas, la RPC dentro de sistemas dinámicos ha sido un área de gran interés en la investigación experimental (Greiff & Funke, 2009). La necesidad de adaptación a una sociedad que se encuentra en permanente cambio, favorecido por los avances tecnológicos, hace que la resolución de problemas sea una habilidad de fundamental importancia para llevar una vida plena y exitosa en un mundo cambiante. Adaptarse, aprender y atreverse a probar nuevas experiencias en un mundo en constante cambio son habilidades sin duda esenciales para tener éxito y desarrollo en este milenio impredecible.

En esta última edición, las evaluaciones PISA 2012 han introducido el constructo de resolución de problemas complejos en la medición de competencias de adolescentes en los últimos años de escolaridad obligatoria. Además de este constructo, estas pruebas a gran escala evalúan una gran cantidad de dominios, teniendo como objetivo final el lograr una educación más efectiva (Greiff et al, 2013). La aplicabilidad del conocimiento cambia rápidamente, y los estudiantes encuentran nuevos y desconocidos desafíos constantemente (Adey et al, 2007, citado en Molnar, Greiff & Csapó, 2013). Esta aplicabilidad también se hace presente en competencias adultas no académicas, evaluadas en este caso por el PIAAC, otro de los programas de la OECD. Cabe destacar que las aplicaciones prácticas de la resolución de problemas complejos son encontradas a través de toda la vida cotidiana. Muchas actividades pueden ser descritas dentro de este marco, como emergencias médicas, la evaluación mensual de gastos personales (Greiff & Funke, 2009), el uso de dispositivos tecnológicos (como un teléfono celular nuevo o una computadora), la administración de organizaciones complejas (como corporaciones) y haciendo predicciones en ambientes complejos (como la predicción del tiempo, elecciones políticas o el mercado de valores). Todas estas facetas son de extrema importancia para el desarrollo de la sociedad, por lo tanto,

la evaluación y desarrollo de esta competencia se vuelve de gran relevancia. De esta forma, la competencia de RPC es considerada actualmente como la llave del éxito en la vida, siendo por esto incluida como un dominio transversal en una de las pruebas a gran escala más importantes a nivel mundial, el Programa Internacional de Evaluación de los Alumnos (PISA) en su ciclo 2012 (OECD, 2012).

Siguiendo esta línea, los resultados de PISA 2012 sobre resolución de problemas complejos plantean que, en aquellos países y economías con mejores resultados en dicha competencia, los estudiantes son capaces de aprender más allá del currículo escolar, siendo capaces de llevar el aprendizaje a la vida cotidiana y transformar situaciones problemáticas a través de un uso deliberado de su creatividad y habilidades de razonamiento. Estas competencias podrían ser promovidas por profesores y escuelas estimulando aquellas habilidades básicas aplicadas a situaciones problemáticas complejas del mundo real, típicas del siglo XXI. Un ejemplo de esto, son una gran cantidad de países asiáticos, que se caracterizan por tener estudiantes con una capacidad muy elevada para razonar y aprender de manera autónoma, tal como Japón o Singapur, que ocupan los primeros lugares de la lista (OECD, 2013).

Por otro lado, las características particulares de los problemas complejos son importantes en un gran número de contextos tanto educacionales como ocupacionales. Adquirir el conocimiento necesario para luego aplicarlo a interacciones complejas es una de las habilidades más importantes para la resolución de problemas, por ejemplo, en Ciencias Naturales. Pero esto no es sólo en las ciencias duras; también en Geografía e Historia los estudiantes deben comprender situaciones complejas y sus interacciones para poder aprobar sus exámenes y para comprender un proceso histórico o regional.

Todos estos problemas involucran la interacción de la persona con un nuevo sistema para así descubrir las reglas que deben ser aplicadas en la solución del problema

(OECD, 2010). Aunque el conocimiento y/o experiencia previa pueda influir sobre la representación del problema (Novick & Bassok, 2005), no es suficiente para representar o solucionar problemas complejos (Greiff & Fishcher, 2013). Aquí resultan fundamentales ciertas estrategias y procedimientos de dominio general para explorar soluciones y testear hipótesis. Asimismo, el análisis de los diferentes procesos cognitivos y estrategias que los estudiantes aplican en la resolución de problemas podría llevar a encontrar patrones diferenciales entre estudiantes, útiles desde una perspectiva diagnóstica y educacional (Embretson & Reise, 2000).

Un análisis sobre estos procesos se hace ineludible, ya que son mecanismos cognitivos y procesos subyacentes que hacen que la RPC sea posible, mostrando altas correlaciones con la RPC y el desempeño en distintas áreas (Redick et al., 2012; Broadway & Engle, 2010; Musso, Kyndt, Cascallar & Dochy, 2012; 2013). A su vez, resultados arrojados por las evaluaciones PISA 2012, demuestran que los factores motivacionales, como lo son la perseverancia y la apertura a la resolución de problemas, también ejercen una gran influencia sobre la habilidad para resolver problemas complejos (OCDC, 2013).

Por todo lo planteado, el presente estudio se propone estudiar la participación de estos factores motivacionales y sus interrelaciones con variables cognitivas en la resolución de problemas complejos, agregando un contexto computarizado para su medición. De esta manera, aporta al estudio de ciertos procesos cognitivos y no cognitivos que subyacen al proceso de resolución de problemas complejos, desde un enfoque interactivo abordado por el programa PISA 2012. La presente tesis se focaliza sobre la memoria de trabajo y distintos tipos de atención, y sus relaciones con factores motivacionales y afectivos, como lo son la apertura a la resolución de problemas y la perseverancia, para analizar su impacto sobre la resolución de problemas complejos del

mundo real, en el contexto de la educación superior. La razón de esto es la necesidad de articular la evaluación de competencias en el mundo académico con la complejidad propia de los problemas que se presentan en el quehacer profesional específico, donde la creación, organización y transferencia de conocimiento tienen un rol primordial (Molnar, Graiff & Csapó, 2013).

Es de gran importancia el estudio de la resolución de problemas complejos, debido a su vital implicación en las necesidades de la sociedad del Siglo XXI. Diferenciar con mayor precisión los procesos cognitivos y motivacionales que pueden predecir y explicar la correcta resolución de problemas complejos permitirá una mejor comprensión de estas capacidades y así una mejor aplicación en todas las esferas, desde lo académico hasta la vida cotidiana.

### **Pregunta general de investigación**

¿Cómo influyen los perfiles cognitivos (capacidad de memoria de trabajo y distintos tipos de atención), mediados por la apertura a la resolución de problemas complejos y la perseverancia, en el desempeño en pruebas de RPC?

### **Preguntas específicas**

1- ¿Cómo influyen los perfiles cognitivos (capacidad de memoria de trabajo y distintos tipos de atención) en el desempeño en pruebas de RPC?

2- ¿Cómo interactúan los procesos cognitivos estudiados con la apertura frente a la solución de problemas complejos en su efecto sobre el desempeño en pruebas de RPC?

3- ¿Cómo interactúan los procesos cognitivos estudiados con la perseverancia en su efecto sobre el desempeño en pruebas de RPC?

4- ¿Cómo se interrelacionan la memoria de trabajo, atención ejecutiva, apertura a la RPC, perseverancia y desempeño en pruebas de RPC, en un modelo estructural y multicausal de RPC?

5- ¿Cuánto predicen cada una de estas variables el desempeño en tareas de RPC?

## **Objetivos de investigación**

### **Objetivo General**

Estudiar las interrelaciones entre procesos cognitivos básicos (memoria de trabajo y distintos tipos de atención), factores motivacionales y afectivos (apertura a la resolución de problemas y perseverancia) en su impacto sobre la resolución de problemas complejos en estudiantes universitarios.

### **Objetivos Específicos**

1 – Describir cómo se distribuyen las variables estudiadas en la muestra de estudiantes.

2 – Determinar las diferencias estadísticamente significativas en las variables estudiadas según: sexo, nivel de escolaridad de los padres y área de especialización del colegio secundario.

3 – Analizar las relaciones que existen entre las variables estudiadas.

4 - Examinar el efecto del perfil cognitivo sobre la RPC.

5 - Estudiar las interacciones entre procesos cognitivos y la “apertura frente a la solución de problemas” sobre el desempeño en pruebas de RPC.

**6** - Estudiar las interacciones entre procesos cognitivos y “perseverancia” en su efecto sobre la RPC.

**7** – Estudiar el ajuste de modelos teóricos que incluyan efectos directos y mediados de procesos cognitivos y variables motivacionales sobre la RPC.

**8** – Determinar la contribución de cada variable en la predicción de resultados en la tarea de RPC.

## **Hipótesis**

**Hipótesis 1:** Se presentarán diferencias estadísticamente significativas a favor de los hombres, a favor de la educación superior de los padres y a favor del área de informática en la memoria de trabajo, redes atencionales, y en las fases de RPC.

**Hipótesis 2:** Habrá una correlación positiva entre las variables cognitivas, las variables motivacionales y las distintas fases de RPC.

**Hipótesis 3a:** Los participantes con perfil cognitivo: Alta memoria de trabajo (MT) y Alta atención ejecutiva (AE) tendrán el mejor desempeño en la prueba de RPC.

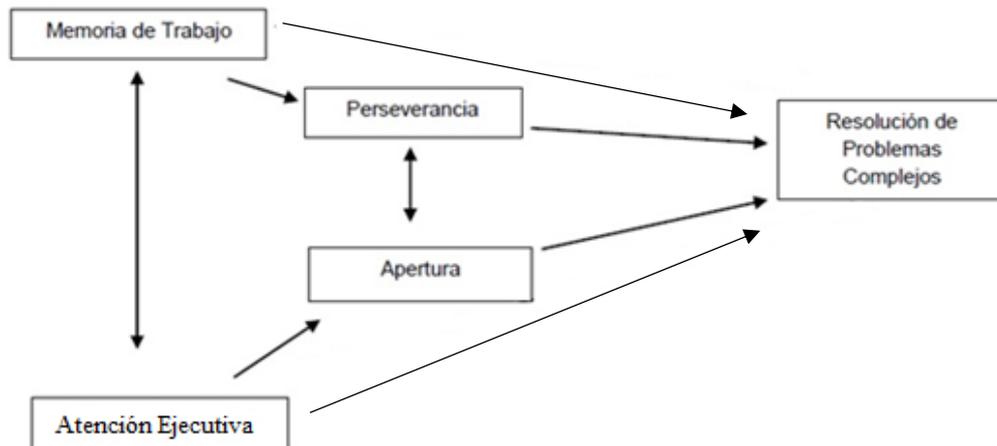
**Hipótesis 3b:** Los participantes con perfil cognitivo: Baja MT y Baja AE tendrán el más bajo desempeño en la prueba de RPC.

**Hipótesis 3c:** Los participantes con un perfil cognitivo con Alta MT y Baja AE tendrán un desempeño moderado pero significativamente superior a participantes con un perfil de Baja MT y Alta AE.

**Hipótesis 4:** Los participantes con un perfil cognitivo: Alta MT – Baja AE y una alta apertura a la resolución de problemas complejos tendrán un desempeño moderado pero significativamente superior a los participantes con un perfil Alta MT – Baja AE y una baja apertura a la resolución de problemas complejos.

**Hipótesis 5:** Los participantes con un perfil cognitivo: Alta MT – Baja AE y una alta perseverancia tendrán un desempeño moderado pero significativamente superior a los participantes con un perfil Alta MT – Baja AE y una baja perseverancia.

**Hipótesis 6a:** Modelo conceptual a poner a prueba



**Hipótesis 6b:** El modelo mediado por las variables motivacionales presentará un mejor ajuste comparado al modelo que incluye sólo efectos directos de los procesos cognitivos sobre la resolución de problemas complejos

**Hipótesis 7a:** La MT y la AE serán los predictores de mayor peso para el desempeño en la tarea de RCP, de tal forma que, a mayor MT y mayor AE mayor será el puntaje en la tarea de RPC.

**Hipótesis 7b:** La perseverancia tendrá un efecto moderado en la predicción sobre el desempeño en las tareas de RCP.

**Hipótesis 7c:** La apertura a la RC tendrá un efecto moderado en la predicción sobre el desempeño en las tareas de RCP.

## Capítulo II: Marco teórico

*The question for me is how can the human mind occur in the physical universe.*

*We now know that the world is governed by physics. We now understand the way  
biology nestles comfortably within that. The issue is how will the mind do that as well.'*

— Alan Newell

El presente capítulo se estructurará de la siguiente manera: en una primera parte, se introducirá la teoría de arquitectura cognitiva, su desarrollo y su importancia para el presente trabajo, focalizando sobre en el modelo teórico utilizado en el presente trabajo. En una segunda parte, se abordarán los procesos cognitivos básicos involucrados en el presente estudio, la memoria y redes atencionales, a nivel conceptual y teórico. En la tercera, se hablará de las variables motivacionales y la perspectiva educacional tomadas en las pruebas de PISA 2012. Por último, en la cuarta parte se explicará el constructo de resolución de problemas complejos y su evolución a través del tiempo hasta la fecha.

### **Teoría de Arquitectura cognitiva: origen y desarrollo**

Desde las primeras aproximaciones planteadas por Alan Turing (1950) sobre si una computadora es capaz de emular la inteligencia como un ser humano siendo un observador incapaz de distinguir entre ellas, y la célebre pregunta sobre si las máquinas son capaces de pensar, una de las principales preguntas de la psicología del siglo XX ha sido la búsqueda por entender los mecanismos de la mente humana. De hecho, la meta de la ciencia cognitiva es encontrar una teoría que englobe todos los aspectos de la cognición humana. La idea de “arquitectura cognitiva” fue tomada de las ciencias de la computación, y a su vez se basa en el diseño arquitectónico (Brooks, 1962). Esta idea plantea que al no existir una teoría general de la cognición humana, la arquitectura

puede suplantarla explicando cómo todos los componentes de la mente trabajan juntas para producir una cognición coherente (Newell, 1990). La arquitectura es un modelo en donde el experimentador es capaz de modelar una tarea específica para luego simularla por computadora y compararla con el comportamiento del ser humano realizando esa misma tarea (Taatgen & Anderson, 2010). Marr (1982) es uno de los pioneros de una teoría sobre una arquitectura cognitiva subyacente a todo proceso mental, pero luego es Alain Newell (1990) quien sienta las bases para su desarrollo. Para Newell, la meta de las teorías de arquitecturas cognitivas es encontrar los mecanismos y las representaciones que especifican las bases fundacionales para brindar una teoría unificada de la cognición (Anderson & Lebiere, 2003).

Los primeros intentos en modelar la mente y con esto llegar a una arquitectura cognitiva, pusieron el foco más importante en su funcionabilidad, buscando que el modelo cognitivo fuese capaz de resolver problemas difíciles como un ser humano (Taatgen & Anderson, 2010). La arquitectura SOAR - *state, operators and reasoning* - (Laird, Rosenbloom & Newell, 1987; Newell, 1990), descendiente de la conocida proto – arquitectura GPS o *general problem solver* de Newell y Simon (1990), es un ejemplo de una arquitectura basada principalmente en la funcionabilidad, buscando ser un sistema de conocimiento idealmente inteligente como lo es un ser humano. En dicha teoría, todo comportamiento que se realice es acorde a las metas del sistema: éste actúa sobre el medio ambiente en base a todo el conocimiento que posee para alcanzar estas metas deseadas (Newell, 1990). En esta arquitectura, todo comportamiento inteligente y transformador del medio, es visto como un comportamiento resolutivo de problemas. Una aplicación de este modelo es el llamado *TacAir – Soar* (Jones et al, 1999), un ejemplo de un modelo exitoso utilizando esta arquitectura, donde se buscó modelar el comportamiento de los pilotos de avión, que luego participarían en simulaciones de

combate aéreo junto a verdaderos pilotos de combate humanos (Taatgen & Anderson, 2010). La desventaja de esta arquitectura es que en lugar de ponderar un peso o brindarle un nivel de activación al conocimiento, el sistema tiene conocimiento total y explícito de todo el conocimiento que posee en todo momento, alejándose de lo que pasa en los seres humanos (Anderson, 2008).

Otro tipo de arquitectura cognitiva, la llamada *EPIC* o *Executive – Process Interactive Control* (Meyer & Kieras, 1997), fue concebida considerando como piezas fundamentales las capacidades perceptuales y motoras del sistema, dejando el núcleo cognitivo central para uso del experimentador - modelador, y no como una parte de la arquitectura *per se* (Taatgen & Anderson, 2010). El modelo agrega, además de un núcleo central con su propia memoria de trabajo y que trabaja solamente con un sistema paralelo, el uso de periféricos que pueden ser modelados como órganos sensorio-motores. Aunque las bases teóricas sobre el núcleo central dentro de *EPIC* es bastante débil, varias arquitecturas cognitivas, tales como *CLARION*, basada en redes neurales (Sun, 2003), o *ACT – R*, que se expondrá a continuación, (Anderson et al, 2004), han tomado la idea de los periféricos para su teoría (Anderson, 2008).

La arquitectura *ACT* (*Adaptative control of thought*), en su primera versión, fue el resultado de un sistema caracterizado por la activación sub-simbólica y basado en la memoria, siendo capaz de interactuar con un sistema simbólico de producción de normas (Anderson, 1983). La arquitectura, habiendo sido mapeada y basada en estructuras cerebrales, era capaz de interactuar con el mundo exterior aprendiendo a realizar tareas dinámicas y posibilitando la creación de modelos cognitivos capaces de predecir y explicar el comportamiento humano (Anderson et al, 2004). Luego de varios años de pruebas y simulaciones, y a la vez logrando entender como el nivel sub - simbólico podía ser utilizado como ajuste del sistema para las estructuras cambiantes

del entorno, se llegó al ahora conocido *ACT-R* (donde la *R* significa *Rational*) (Anderson, 1993).

La arquitectura *ACT-R* está basada en una serie de módulos que generan toda la información que se encuentra activa en el sistema, creando un flujo cognitivo en respuesta de una meta presente, con los datos provenientes de la memoria declarativa y de los módulos perceptuales – motores. Estos módulos (meta, memoria declarativa y perceptual - motor) contienen información que las normas o reglas pueden acceder a través de *buffers*, y en base al estado de ejecución en el que se encuentren, una regla determinada es seleccionada y ejecutada. Todas las posibles reglas son comparadas en paralelo y sólo una es activada a la vez (Anderson & Lebiere, 2003). La coordinación de todos los módulos es posible gracias a un módulo de producción central, el cual solo puede responder a una limitada cantidad de información almacenada en los *buffers*. Esto es similar en los seres humanos, donde por ejemplo no es posible acceder a toda la memoria declarativa a la vez (Bothell, Anderson, Byrne & Lebiere, 2004).

Como se establece aquí, esta arquitectura tiene una mezcla entre procesamiento paralelo y procesamiento en serie. Tal es así que solamente una sola memoria puede ser recuperada a la vez o solamente un objeto puede ser codificado desde el campo visual, aunque el sistema visual puede estar procesando todo el campo a la vez o la memoria declarativa pueda estar buscando varios datos en respuesta a un requerimiento (Bothell, Anderson, Byrne & Lebiere, 2004). Los niveles de activación pueden ajustarse en base a distintos factores. En la memoria declarativa, la activación de un *chunk* o unidad mínima de representación de conocimiento que reside allí, va a depender de la probabilidad de su necesidad de ser recuperado. Para las normas de producción, la elección de una sobre otra es determinada por su utilidad, la cuales son estimaciones de éxito que se dan en base a una meta determinada, y fundados en la historia de refuerzos

de normas pasadas (Anderson & Lebiere, 2003). Tanto para las normas de producción como para los *chunks* de la memoria declarativa, nuevos procesos pueden ser aprendidos. En el caso de los *chunks*, este aprendizaje se da cada vez que una meta es completada o un nuevo dato es percibido, a diferencia de las reglas de producción, que son aprendidas por combinación con otras reglas de producción.

Cada uno de los módulos integrantes en *ACT-R* son sistemas separados, pero todos contribuyen a la totalidad del sistema (Bothell, Anderson, Byrne & Lebiere, 2004). A continuación, se realiza una breve descripción de cada módulo:

- **Módulo perceptual – motor:** La arquitectura *ACT-R* siempre se dedicó a los procesos cognitivos superiores. Sin embargo, los procesos motores y perceptuales son los conectores con el mundo exterior, proveyendo información e influyendo en la cognición (Bothell et al., 2004). Estos módulos se implementan con la misma estrategia utilizada en la arquitectura *EPIC* (Meyer & Kieras, 1997), con la diferencia que el módulo visual está sub - dividido en otros dos (viso - locación y viso - objetal), y cada uno asociado a un *buffer* determinado (Bothell, et al, 2004). Cuando el sistema alcanza un cierto nivel de activación del nódulo correspondiente a un cierto objeto, activa un *chunk* que representa una locación visual donde se encuentra el objeto en cuestión, el cuál es procesado por el módulo viso - objetal, generando un nuevo *chunk* en la memoria declarativa para ese objeto requerido.

- **Módulo meta (goal module):** el módulo de meta se encuentra al servicio de mantener la cognición sobre un objetivo determinado. Su responsabilidad es mantener ese objetivo, para que luego el comportamiento consecuente sirva para completar la meta requerida (Bothell et al, 2004).

- **Modulo de memoria declarativa:** el módulo de memoria declarativa tiene la función de guardar la información del sistema, pudiendo ser accedida a través de los *buffers* antes descriptos.

Como se nombró en un principio, cabe destacar que la arquitectura *ACT-R* posee una correlación con las diferentes regiones cerebrales (Anderson, 2008). Los diferentes módulos de la arquitectura tienen su ubicación particular en el cerebro: el módulo de memoria declarativa se ubica en el lóbulo temporal y el hipocampo, el módulo meta o *goal module* en la corteza dorso - lateral y pre - frontal, el módulo central de producciones en los ganglios basales, y finalmente, el módulo viso-motor en el lóbulo occipital y cerebelo, respectivamente (Anderson, 2007, 2013).

Varias tareas de modelados cognitivos utilizando la arquitectura *ACT-R* puede ser nombrados, tales como: *Sugar Factory* (Taatgen & Wallach, 2002), *Building Sticks Task* (Lovett & Anderson, 1996), o modelos basados en imágenes de resonancia magnética funcional (fMRI) como el de aprendizaje reforzado (Daw et al, 2006), toma de decisiones (Gluth, Rieskamp & Büchel, 2012; Van Maanen et al, 2011) o la adquisición de habilidades (Anderson, 1983, 2007, 2008).

## Memoria de trabajo

*“All the intellectual value for us of a state of mind depends on our after-memory fit. Only then is it combined in a system and knowingly made to contribute to a result. Only then does it count for us”*

- William James (1890)

*...working memory is not a memory system in itself,  
but a system for attention to memory...*

- Oberauer et al (2007)

En un ambiente caracterizado por numerosos estímulos, el desempeño sobre una tarea está mediado por metas internas y por la habilidad de procesar sobre información relevante e irrelevante del ambiente (Engle, 2010). Esta tarea es realizada por lo que se conoce como memoria de trabajo. Explorar los mecanismos de la capacidad de la memoria de trabajo puede vislumbrar de manera directa los mecanismos del razonamiento humano (Oberauer, Schulze, Wilhelm & Süß, 2005).

El término “memoria” en general, surge en la década de 1880, década donde se ubican las primeras aproximaciones de la psicología experimental a este constructo, por Wilhem Wundt en 1883. Con el paso del tiempo, la memoria fue dividida en varias partes, como la memoria de corto y largo plazo, memoria declarativa y memoria de trabajo, etc. Por ejemplo, William James (1890) dividió la memoria en una memoria primaria, un sentimiento subjetivo de la atención inmediata relacionada con el presente inmediato y una memoria secundaria, con una función de recolectar y recordar eventos del pasado más lejano. Sin embargo, no es hasta 1960 donde Miller, Galanter y Pribman proponen el término memoria de trabajo (*working memory*) en consistencia con su

concepto de “planes”, como un proceso jerárquico utilizado para controlar el orden de las secuencias en las cuales diferentes operaciones son realizadas, siendo un multi - componente que manipula la información almacenada para utilidades cognitivas más complejas (Baddeley & Hitch, 1974; Baddeley, 1996, 2000). Esta forma de memoria de trabajo sigue siendo utilizada en la actualidad, como por ejemplo en la inteligencia artificial basada en modelos cognitivos, siendo componente del sistema de producción, especialmente en los estudios que modelan aprendizaje o resolución de problemas (Anderson, 2007; Newell, 1990).

Consecuentemente, la memoria de trabajo empezó a crecer en importancia dentro de la ciencia cognitiva. Gracias a esto, en los años de 1970s se empezó a hacer foco en los mecanismos de control y activación de la memoria primaria, más que en la pasividad de la de corto plazo (Baddeley & Hitch, 1974) y, con la introducción del rol de la manipulación de la información (Baddeley, 2012), la memoria de trabajo comenzó a ser separada de la memoria a corto plazo.

La memoria a corto plazo refiere a la cantidad de ítems que una persona puede mantener en la memoria (por ejemplo, siete, más o menos dos ítems), siendo el tipo de memoria que utilizamos cuando deseamos retener cierta información durante un pequeño período de tiempo para pensar en ella, teniendo un componente de memoria de trabajo que manipularía la información en la conciencia (Seamon & Kendrick, 1994). En cambio, la memoria de trabajo se basa no tanto en la cantidad de ítems que uno puede retener, sino en la habilidad de controlar la atención para mantener información en una forma activa y rápida de ser recuperada (Engle, 2002). Es un sistema que comprende, codifica, mantiene y recupera información de la memoria de largo plazo, sobre las metas y estrategias necesarias para realizar una tarea (Unsworth & Engle, 2007). Es muy dependiente de la atención y de otros procesos de ejecución centrales

que usan la información guardada o que interactúan con la memoria a largo plazo (Chai, Aini & Jafri, 2018). Consecuentemente, la relación entre la memoria de largo plazo, la memoria a corto plazo y la memoria de trabajo estaría dada jerárquicamente.

De esta manera, la memoria de corto plazo sería un dispositivo de almacenamiento, mientras que la memoria de trabajo cumpliría un rol doble, con una función de almacenamiento, pero también con el de un componente atencional (Engle, Tuholski, Laughlin & Conway, 1999). Esto se observa cuando, por ejemplo, un individuo inhibe una respuesta para cumplir con las demandas de una tarea determinada, donde entonces, es el control de la atención lo que entra en juego (Ilkowska & Engle, 2008). La memoria de trabajo comprendería entonces los procesos atencionales que permiten un comportamiento orientado hacia las metas, manteniendo la información relevante en una forma activa y fácilmente accesible por fuera del foco consciente, siendo capaz de recuperar esa información de la memoria inactiva, bajos condiciones de interferencia, distracción o conflicto (Kane, Conway, Hambrick & Engle, 2007).

Uno de los primeros modelos que sistematizan la memoria de trabajo fue realizado por Baddeley y Hitch (1974), donde la memoria de trabajo combinaba aspectos del procesamiento de la información con el almacenamiento de productos intermedios que eran parte de esos procesos (Rosen & Engle, 1997). El sistema se basada en dos subsistemas esclavos, representantes de información, uno llamado bucle fonológico (*phonological loop*), utilizado para el lenguaje y otro, denominado agenda viso-espacial (*visiospatial sketchpad*), para la información de este tipo. Además, agregaba un tercer elemento, el llamado sistema ejecutivo central, similar a la red propuesta por Posner y Peterson (1990) de atención ejecutiva, como un mecanismo de atención de capacidad limitada cuya función era regular los contenidos de una porción de memoria activa en un momento determinado (Engle, 2002).

De esta manera entonces, pueden distinguirse tres tipos de mecanismos en la memoria de trabajo, prevalentes en toda la literatura (Shipstead, Lindsey, Marshall & Engle, 2014):

- **La memoria primaria:** La memoria primaria es la referida por Miller (1956), acercándose a la memoria de corto plazo. Nuevos estudios sobre la cantidad de ítems que pueden mantenerse en almacenamiento activo hablan de un mantenimiento de entre 3 y 5 *ítems* al mismo tiempo (Conway et al, 2011), representando el tamaño del foco atencional (Cowan et al, 2005) y protegiendo la información relevante de la interferencia proactiva (Cowan & Kane, 2001), y a su vez, permitiendo nuevas conexiones entre unidades de información (Oberauer et al, 2007).

- **Control atencional:** Si bien la memoria de trabajo generalmente se asimila a la memoria primaria, el ambiente donde opera posee innumerable cantidad de distractores, por lo tanto necesita del control atencional. La habilidad de poder seleccionar información relevante para cumplir una tarea o de respuestas necesarias donde se deba discernir entre los estímulos del exterior es crítica cuando el ambiente posee información conflictiva, que compite con la información importante y que pueda resistir el estímulo distractor (Shipstead et al, 2014). Entonces, el control atencional permitiría seleccionar información relevante del ambiente y mantener accesos a la memoria ubicada por fuera de la conciencia (Kane, Conway, Hambrick & Engle, 2007).

- **Memoria secundaria:** Alguna de la información a ser recordada puede estar ubicada en el almacenamiento dedicado a largo plazo (Unsworth & Engle, 2007). Unsworth y Engle (2007) definen a la capacidad de memoria de trabajo como una combinación del mantenimiento limitado en la memoria primaria y una recuperación de la memoria secundaria. La memoria secundaria es información contextualmente relevante que no está almacenada en la memoria primaria. Las personas que son capaces

de hacer búsquedas en la memoria secundaria utilizando indicadores relevantes como periodos de tiempo o asociaciones, recuperan menos información irrelevante (Shipstead et al, 2014).

Desde una perspectiva del ACT-R de Anderson (1993), la memoria de trabajo es vista, junto al control ejecutivo, como dos caras del mismo fenómeno, como una propiedad emergente de la arquitectura neuro-cognitiva. En este modelo, la memoria de trabajo refiere a una parte de la memoria declarativa que es activada en el procesamiento de una información determinada, y es donde el procesamiento propiamente dicho ocurre. A su vez, guía la secuencia de actividad cognitiva (Anderson, Reder & Lebiere, 1996).

#### *Medición de la memoria de trabajo*

La memoria de trabajo se mide generalmente usando un paradigma llamado *Complex Span* (Foster et al, 2017), y utilizando diferentes tareas. Estas han demostrado una correlación muy alta con distintas habilidades cognitivas (Dempster, 1981), tales como seguir direcciones (Engle, Carullo & Collins, 1991), el *multitasking* (Hambrick, Oswald, Darowski, Rench & Brou, 2010), el aprendizaje y la comprensión del lenguaje (Baddeley, Gathercole & Papagno, 1998; Daneman & Merikle, 1996) y el control atencional (Kane, Bleckley, Conway & Engle, 2001).

En la literatura encontramos dos posturas frente a la medición de la memoria de trabajo, siendo la primera conocida como la hipótesis de dominios específicos, la que argumenta que la memoria de trabajo captura factores que solo son aplicables a una tarea en particular. Un ejemplo de esto se daría en la prueba conocida como *Reading Span*, que correlacionaría con tareas de comprensión de textos solamente porque la prueba involucra comprensión de texto (Hambrick, Kane & Engle, 2005). La segunda

hipótesis propone que además de factores de dominio específico, la memoria de trabajo involucra factores que son comunes a una gran variedad de tareas cognitivas, como la capacidad de control atencional, denominándose factores de dominio generales (Engle, Kane & Tuholski, 1999). Aunque ambos son diferentes, habiendo un control y mantenimiento en la información relevante para la tarea en el primer caso, y un foco en la inhibición en el segundo, ambos concuerdan en que los factores de dominio general son la base en las diferencias individuales en la memoria de trabajo (Hambrick, Kane & Engle, 2005).

Se considera como hito de inicio la década de 1980, cuando Daneman y Carpenter (1980) crearon el primer instrumento válido para medir la capacidad de memoria de trabajo. El llamado *Reading Span* fue la primera prueba en la que se buscó observar la relación de la memoria de trabajo con la lectura comprensiva, siendo luego desarrollados el *Operation Span* y el *Counting Span*. El desempeño en estas pruebas de capacidad de memoria de trabajo correlaciona con una variedad de pruebas cognitivas de alto orden, como por ejemplo, la lectura comprensiva, el aprendizaje complejo o el razonamiento (Daneman & Carpenter, 1980), el seguir direcciones (Engle, Carullo & Collins, 1991), el jugar al bridge (Clarkson-Smith & Hartley, 1990) y el aprendizaje de lenguajes de computación (Shute, 1991). Engle (2001), sin embargo, plantea que las pruebas que son capaces de medir fehacientemente funciones superiores cognitivas son aquellas que poseen una doble tarea. En ellas, no solamente se deben recordar palabras o dígitos, sino a su vez, se debe lidiar con una operación de interferencia, por ejemplo, la realización de un cálculo aritmético o la lectura de oraciones. Entonces, apuntan a uno o a ambos componentes controladores del procesamiento y a uno más que involucra la retención de alguna información por un breve tiempo, mientras se presentan distractores. A su vez, Unsworth y Engle (2007) encontraron que tanto las tareas del

*Simple Span* como las de *Complex Span*, reflejan los mecanismos de procesos cognitivos de orden superior, como el mantenimiento de la memoria y el procesamiento controlado.

#### *Diferencias individuales en la capacidad de memoria de trabajo*

A principios de la década del 2000, se empezó a poner énfasis en la concepción de la memoria de trabajo con un sistema de foco atencional (Beaman, 2010). La capacidad del foco atencional en estímulos relevantes del ambiente, inhibiendo el procesamiento de estímulos irrelevantes, es la base de varias tareas cognitivas como los test de inteligencia y la memoria fluida (Conway, Kane & Engle, 2003). De esta manera, mientras algunos investigadores consideran al foco atencional con un valor fijo (Conway, 2001; Miller, 1956), otros argumentan que la habilidad de controlar la atención es lo que determina la capacidad de la memoria de trabajo, como por ejemplo en los experimentos de diferencias individuales (Kane & Engle, 2002; Conway, Kane & Engle, 2003; Kane et al, 2007).

El estudio de las diferencias individuales en la capacidad de memoria de trabajo se hizo muy popular dentro de la psicología experimental, demostrando su importancia para diversos aspectos de la cognición, como en el *multi-tasking* (Hambrick, Oswald, Darowski, Rench & Brou, 2010) donde se ha encontrado que las diferencias individuales son importantes para un correcto y exitoso desempeño, la regulación emocional (Kleider, Parrot & King, 2009) o el sesgo de prejuicio de retrospectiva (Calvillo, 2012). A su vez, se han encontrado relaciones entre la memoria de trabajo y procesos como la falsa memoria, la imaginación y el pensamiento contra-fáctico (Redick & Engle, 2006). En este contexto, la inteligencia fluida, es decir la habilidad de razonar con información nueva, es la más importante, compartiendo con ella la mitad

de su varianza estadística (Kane, Hambrick & Conway, 2005). Estas diferencias están altamente correlacionadas con la habilidad de resolver interferencia entre las representaciones de la memoria (Rosen & Engle, 1998) y filtrar información distractora (Conway, Cowan & Bunting, 2001).

En esta línea, Redick, Unsworth, Kelly y Engle (2012) buscaron analizar la relación entre la memoria de trabajo y la velocidad de percepción con la inteligencia fluida en jóvenes adultos, utilizando modelos de ecuaciones estructurales (SEM). Los resultados arrojaron que, si bien la memoria de trabajo y la velocidad de percepción no estaban correlacionadas significativamente, si explican una parte única de la varianza de la inteligencia fluida, siendo la memoria de trabajo superior a la velocidad de percepción. El análisis *SEM* demostró que tanto la memoria de trabajo como la velocidad de percepción predicen la inteligencia fluida de manera independiente.

Sobre las diferencias individuales en la capacidad de memoria de trabajo, un estudio en 2014 realizado por Lillienthal, Rose, Tamez, Myerson y Hale analizó las diferencias entre grupos de alto y bajo *Span* de memoria de trabajo, especialmente sobre la activación e identificación de información relevante que luego pasaría a perder su relevancia. Esta información irrelevante sería una interferencia en la tarea de memoria de trabajo. Varios estudios mostraron que los individuos con un *Span* bajo son más afectados por una interferencia proactiva en una tarea de memoria de trabajo (Kane & Engle, 2000). En este caso, los resultados mostraron que los individuos con un *Span* bajo no mantienen en la memoria de trabajo la información irrelevante en forma activa en mayor medida que los del grupo de *Span* alto, pero si son significativamente peores en identificar esa información como irrelevante al tiempo de recuperar la información. El grado en el que la información irrelevante interfiere en la recuperación de ítems de

la memoria secundaria cumpliría un rol fundamental en las diferencias individuales del *Span* de memoria de trabajo.

Por otro lado, Redick y Engle (2006) analizaron la relación entre la memoria de trabajo y las tres redes atencionales propuestas por Posner: control ejecutivo, alerta y orientación, con un diseño de grupos extremos. Los resultados arrojaron una correlación entre la memoria de trabajo y el control ejecutivo, pero no en las demás redes, respaldando la hipótesis de que las diferencias individuales son las causantes de las variaciones en la habilidad de controlar la atención.

A su vez, en un estudio realizado por Funke, Fischer y Holt (2017) se encontró que participantes con una alta memoria de trabajo prefieren utilizar estrategias particularmente calibradas para predecir con exactitud procesos y problemas no lineales, y siendo exitosos en ello. Esto es debido al aprovechamiento de los participantes con mayor memoria de trabajo en las fases de aprendizaje y calibración. Pero este éxito no fue encontrado para problemas más simples, señalando una correcta estrategia para problemas complejos, pero el problema en mantener la misma estrategia para problemas simples.

Recientemente, Engle (2018) ha publicado un artículo de revisión sobre la relación entre la memoria de trabajo, la inteligencia fluida y la atención ejecutiva. En este artículo, el autor teoriza que la atención ejecutiva es importante tanto para la memoria de trabajo como para la inteligencia fluida, ya que realiza el trabajo mental de mantener o retirar la atención de la información del entorno. En este contexto, la memoria de trabajo reflejaría el mantenimiento de la información, mientras que la inteligencia fluida reflejaría la habilidad de desacoplar la información atendida recientemente que ya no es útil.

## **Redes atencionales**

*Everyone knows what attention is...*

- *William James (1890)*

Como la memoria, la atención es uno de los constructos más estudiados desde los inicios de la psicología. Hamilton (1859) fue un pionero en su estudio experimental, intentando determinar la cantidad de ítems los cuáles una persona puede ser consciente en un momento dado (Posner, 2012), similar al estudio de Miller (1956) y la memoria a corto plazo. En un principio, se pensaba que la atención era meramente un mecanismo de selección de estímulos, un proceso que facilitaba el procesamiento de una información ignorando otra (Pacheco - Ungueti, Acosta & Lupiañez, 2010). Pero, ya entrando en mediados del siglo XX, una nueva corriente de teorías atencionales comienza a surgir, como así también otra corriente encargada de la atención en el área de neurociencias. En esta última, tenemos el ejemplo del estudio de Moruzzi y Magoun (1949), donde estudiando animales en estado comatoso, notaron que el área reticular del cerebro es esencial para mantener el estado de alerta atencional. Por otro lado, es el comienzo de teorías que refieren a limitaciones de capacidad, filtros y procesamiento superficial vs profundo, entre otras (Pacheco - Ungueti, Acosta & Lupiañez, 2010). Tal vez la teoría que más resalta en esa época, es la del posteriormente Premio Nobel de Economía Daniel Kahneman, la cual conceptualiza a la atención como una serie de recursos los cuáles deben repartirse entre distintas tareas a realizar (Kahneman, 1973).

Con el paso del tiempo, se empezó a pensar la atención como un sistema subdividido en varios componentes, los cuales si bien pertenecen al mismo sistema de atención, cumplen roles diferentes. Lo importante de este enfoque es que permite

analizar las interacciones entre los distintos componentes pertenecientes al sistema atencional. En esta línea, cabe destacar el modelo de Van Zomeren y Bouwer (1994), con dos subsistemas diferentes: uno de alerta y atención mantenida, y otro de selección y atención dividida; o el modelo de Raz y Buhle (2006), el cual los divide en alerta y un índice de localización de recursos.

Sin embargo, el sistema atencional más influyente, si bien ha sufrido variaciones en el tiempo, fue el de Posner y Peterson (1990) y su postulado de redes atencionales. Aunque en un principio las ideas de Posner eran muy cercanas a las de Kahneman, dividiendo a la atención en una parte de orientación hacia los eventos sensoriales, una parte detectora de señales para focalizar procesos conscientes y otro para mantener estados de vigilancia o alerta. Posner y Peterson (1990) entienden la atención como una variedad de manifestaciones atencionales que se produce gracias a varios sistemas atencionales separados aunque relacionados entre sí (Funes & Lupiañez, 2003). Estas redes son tres: la red de orientación, la red de atención y la red de atención ejecutiva (Posner & Peterson, 1990).

La red de orientación representa la función de dirigir la atención a un lugar en el espacio, donde se encuentra un estímulo que es potencialmente relevante para la persona por ser novedoso, por tener propiedades únicas o por aparecer de manera abrupta (Funes & Lupiañez, 2003). Esta red es la encargada de seleccionar información específica de numerosos inputs sensoriales, teniendo dos vertientes: exógena o endógena. La forma endógena refleja una parte reflexiva, ejemplificándose cuando un objetivo llama la atención hacia el lugar donde se encuentra. Por otro lado, en la forma exógena la atención es voluntaria, dándose cuando una persona busca dentro de su campo visual un objetivo específico (Fan et al, 2009). La orientación involucra el cambio, tanto lento como rápido, entre objetivos del entorno. Este es un mecanismo que

consta de tres partes: retirar la atención de un foco atencional, mover la atención hacia un nuevo objetivo y acoplar la atención a ese nuevo objetivo. Esta red es comúnmente asociada al movimiento de la cabeza y los ojos sobre un objetivo determinado. Desde las neurociencias, se ha identificado a esta red con la estructura superior parietal, la parte temporal – parietal, los campos oculares y el colículo superior, siendo el neurotransmisor modulador de la misma la acetilcolina.

La red de alerta es la red más básica, pero la base de los dominios atencionales más complejos (Sturm et al, 1997; 2006) y siendo crítica para un desempeño óptimo en distintas tareas (Fan, Raz & Posner, 2003). Tiene una función de vigilancia o de *arousal*, manteniendo un estado preparatorio para detectar rápidamente un estímulo esperado (Funes & Lupiañez, 2003). Posee dos funciones de diferente duración, una larga y tónica, duradera en situaciones de vigilancia y otra corta o fásica, producida por la presentación de señales de aviso que anuncian la inminente llegada de un estímulo. Thiel y Fink (2007) hablan de que es un componente de atención no selectivo, de manera que prepara al sistema mediante un cambio interno para mejorar el procesamiento o respuesta a un estímulo, sin haber tenido la necesidad de haberlo seleccionado en momentos previos (Pacheco-Unguetti & Lupiañez, 2010). La red de alerta, estructuralmente, está asociada con el tálamo, los lóbulos frontales y las regiones parietales, siendo la noradrenalina el modulador de esta área (Fan et al, 2009).

Como ya fue mencionado, la red con mayor relación a la memoria de trabajo es la red de atención ejecutiva. La función de esta red es detectar y resolver conflictos, ejercer el control voluntario sobre el procesamiento ante situaciones que requieran planificación o toma de decisiones, detección de errores o situaciones novedosas que impliquen una respuesta también novedosa, siendo esta red de gran importancia en la vida diaria (Posner & Raichle, 1994). La atención ejecutiva también trabaja regulando

a otras actividades cerebrales, resolviendo acciones que compiten entre sí en tareas donde hay conflicto, impulsando cierta actividad cerebral en redes cercanas a donde se encuentra la meta requerida e inhibiendo actividad en las otras redes. Este mecanismo es conocido como auto-regulación (Rothbart & Posner, 2015). Es por esto que esta red es importante en el control voluntario, la auto-regulación de emociones, de pensamientos y del comportamiento (Bush, Luu & Posner, 2000). La atención ejecutiva está asociada con la corteza anterior cingulada y la corteza pre-frontal (Matsumoto & Tanaka, 2004), siendo la dopamina el neurotransmisor que prima en esta red.

Aunque muchos estudios han demostrado la independencia de las redes atencionales (Fan, Mc Candliss, Sommer, Raz & Posner, 2002), lo mismo en un nivel anatómico (Fan, Mc Candliss, Fosella, Flombaum & Posner, 2005), también se han detectado varias relaciones en interacción entre ellas (Posner & Raichle, 1994). Por ejemplo, Posner (1994) propone que la red de alerta funciona como moderadora de la atención ejecutiva, inhibiéndola cuando ésta está altamente activada, y así, promoviendo una reacción rápida ante el estímulo presente, pero previniendo al sistema de engancharse en procesos cognitivos de alto nivel. Posner (1994) llama a este estado “limpieza de conciencia”. A su vez, la red de orientación moderaría la atención ejecutiva. Esto fue descrito utilizando la prueba *Stroop*, que sirve como medida de la atención ejecutiva, donde el efecto de la prueba fue mayor en participantes que estaban orientados a la localización contraria del objetivo que cuando estaban orientados a la posición correcta (Funes & Lupiañez, 2003). Por otro lado, en lo que respecta a la red de alerta y la de orientación, no se han encontrado correlaciones significativas (Fernandez- Duque & Posner, 1990). Fan y colaboradores (2009) encontraron interacciones entre las diferentes redes, en particular, como la red de alerta mejora la velocidad de respuesta, pero interfiere con la atención ejecutiva en ciertas condiciones.

Nuevamente, esto apunta a una independencia de las redes, pero un solapamiento de las mismas en ciertas ocasiones.

## **Variables Motivacionales**

*Why some individuals accomplish more than others of equal intelligence?*

- *William James*

En la resolución de problemas complejos no solamente influyen variables cognitivas, sino también variables motivacionales, las cuáles impactan en el desempeño en la tarea. Las evaluaciones PISA 2012 incluyeron las variables motivacionales perseverancia y apertura a la resolución de problemas complejos como medidas operacionalizadas para el empeño o *willingness* de los estudiantes en realizar problemas complejos (OECD, 2013) y de esta manera, como determinantes motivacionales para la tarea de aprendizaje. Este esmero que los estudiantes ponen en la resolución de problemas complejos es tomado por los exámenes PISA como parte de la competencia, debido a que afecta la capacidad de los estudiantes en la resolución de problemas, demostrando el esfuerzo que los estudiantes ponen en resolver la tarea. De esta manera, más comprometidos están y más esfuerzo ponen los estudiantes, mejor el desempeño que tendrán en la tarea (Scherer & Gustafsson, 2015). Beackmann, Beackmann y Elliot (2009) utilizando a la percepción propia como una medida de la apertura a la resolución de problemas y a la orientación hacia las metas como una medida de perseverancia, predijeron el desempeño en tareas de razonamiento. A su vez, llegaron a la conclusión de que son constructos diferentes (Scherer & Gustafsson, 2015), refiriendo la apertura al disfrute y creencias de los estudiantes, y la perseverancia a la orientación hacia las metas como la forma de superación en la presencia de obstáculos.

De esta manera, la apertura a la resolución de problemas complejos fue definida como el empeño general de los estudiantes en abordar la solución de problemas sin

importar el dominio específico en que se da, que está basada en las creencias propias, el disfrute y la personalidad de los estudiantes (McCrae, 1987; Schulze, Roberts, Zeidner & Matthews, 2005). Estudios previos han demostrado que la apertura está positivamente correlacionada a la creatividad, el pensamiento divergente y la inteligencia (Lin, Chen, Hsu & Wang, 2012). A su vez, también se lo piensa como uno de los predictores más fuertes del desempeño en tareas creativas (Beaty et al, 2014). Esto puede deberse a que la gente con más apertura tiende a ser más flexible cognitivamente que la gente con menos apertura a la resolución de problemas (Moutafi, Furnham & Crump, 2006) o tiene tareas de más carga creativa en su vida cotidiana (Beaty et al, 2014). Varios estudios demostraron que la apertura puede ayudar a los estudiantes a adquirir conocimiento y a generar ideas en cómo pueden resolver problemas (Lin et al, 2013; Mc Crae, 1987).

La perseverancia es definida como otra forma de empeño de los estudiantes en la tarea de resolución de problemas en el momento de enfrentar obstáculos o problemas (OECE, 2013). Involucra la orientación hacia las metas y la persistencia para lograrla, ayudando a mantener el foco en una tarea determinada (Battle, 1965) e iniciando procesos de auto-regulación (Pintrich, 2004). Howe (1999) sostiene que la perseverancia es tan crucial como la inteligencia, siendo las diferencias del temperamento tanto o más importantes que las del intelecto. Duckworth y colaboradores (2017) definen a la perseverancia como *grit* o firmeza de carácter, encontrándola como un factor fundamental para lograr la aplicación y el sostenimiento del talento a través del tiempo.

La idea de estudiar variables cognitivas y emocionales frente a tareas de resolución de problemas se ha encontrado en la literatura desde el comienzo de la psicología como ciencia. Autores como James (1890) o Simon (1967), notaron la

importancia de las emociones y la motivación frente a cualquier tarea de resolución de problemas. Las emociones y los estados de ánimo afectan e influyen en los diferentes abordajes y soluciones a las tareas cognitivas (Spering, Wagener & Funke, 2005). Ejemplos de esto pueden encontrarse en cómo el afecto positivo conduce a la flexibilidad y creatividad en el pensamiento (Fiedler, 2001) y cómo esto a su vez mejora el proceso de toma de decisiones en ambientes complejos (Isen, 2001).

Sin embargo, pocos estudios la han evaluado la motivación en el contexto de resolución de problemas complejos y teniendo en cuenta el contexto dinámico donde estos se desarrollan. La mayoría se ha concentrado en variables personales, como la inteligencia emocional, resiliencia, reactividad emocional y ansiedad como rasgo. Vollmeyer y Rheinberg (2000) exploraron la incompetencia, el miedo, el interés, el desafío y la autoconfianza (similar a la autoeficacia) en una tarea de RPC, encontrando que la autoconfianza y la incompetencia son buenos predictores para el aprendizaje y la adquisición del conocimiento.

Siguiendo la teoría de autodeterminación, el buen desempeño en un problema creativo puede incrementar las creencias de los estudiantes, aumentando su empeño en futuras tareas (Scherer & Gustafsson, 2015).

## **Resolución de problemas complejos**

*“I suppose it is tempting, if the only tool you have is a hammer, to treat everything as if it were a nail.”*

- Abraham Maslow

La resolución de problemas es actualmente, uno de los ejes principales de estudio en la psicología cognitiva y en el área educacional. Su estudio en la sociedad del Siglo XXI le da un rol de vital importancia, teniendo un gran impacto en la educación (Autor, Levy & Murnane, 2003). Tareas cotidianas como el uso de un aparato nuevo, como un celular, o comprar el ticket para un tren involucran el pasar de un estado dado a un estado deseado, donde estas interacciones representan y forman un problema complejo (Herde, Wüstemberg & Greiff, 2016).

Su estudio comienza en la década de 1970, a través de dos escuelas que plantean abordajes y definiciones diferentes. En Norteamérica, el enfoque propuesto principalmente por Herbert Simon (Anzai & Simon, 1979; Bhaskar & Simon, 1977), llevaron a los investigadores en general a estudiar la resolución de problemas en dominios específicos, como el ajedrez o ejercicios de física, e ignorar el buscar una teoría global sobre la resolución de problemas (Frensch & Funke, 1995). El abordaje norteamericano estudió la resolución de problemas en áreas como la mecánica (Hegarty, 1991), la electrónica (Lesgold & Lajoie, 1991) o en habilidades computacionales (Kay, 1991), lectura (Stanovich & Cunningham, 1991), escritura (Bryson, Bereiter, Scardamalia & Joram, 1991) y toma de decisiones políticas (Voss, Wolfe, Lawrence & Engle, 1991).

Desde la perspectiva europea, en cambio, compartiendo la idea de la construcción de tareas de laboratorio que fuesen parecidas a problemas de la vida cotidiana, Dietrich Dörner (1975, 1980) fue el pionero de la escuela alemana, mientras que Donald Broadbent (1977) fue el máximo exponente de la escuela inglesa (Funke & French, 2007). Mientras Broadbent (1977) puso hincapié en procesos cognitivos de resolución de problemas a nivel consciente y no consciente, Dörner (1975, 1980) pensó a la resolución de problemas como la interacción entre factores cognitivos, motivacionales y sociales, los cuáles eran evaluados en escenarios computarizados de hasta dos mil variables interconectadas. De esta manera, en esas tareas los participantes debían tener la habilidad de lidiar con nuevos escenarios desconocidos, donde debían tomar decisiones en una serie de situaciones simuladas (Dörner, 1975). Frensch y Funke (2007) agregan que esta interrelación entre varios componentes puede ser entendida dentro de un modelo de procesamiento de la información, dividiendo entre factores internos del sujeto (experiencia, variables cognitivas y variables no cognitivas) y factores externos (estructura del problema, contexto el problema y factores ambientales).

Entre las primeras simulaciones de problemas complejos, se encuentra el sistema *TANALAND* (Dörner, 1975; Dörner & Reither, 1978), que simulaba un paisaje africano con flora y fauna del lugar, y donde habitaban dos grupos de tribus: “Tupis” y “Moros”, quienes vivían del ganado y la cría de ovejas. El objetivo del estudio, hecho con estudiantes con un *IQ* promedio de 122, era mejorar las condiciones de ambas tribus. Los resultados demostraron que, dado a la gran cantidad de variables en el sistema, su conectividad y el no tener en cuenta el crecimiento exponencial de las mismas, los participantes casi siempre destruían el estado estable del escenario, generando situaciones catastróficas (Dörner & Reither, 1988).

Un segundo sistema de simulación, llamado *LOHAUSEN* (Dörner, Kreuzig, Reither & Stäudel, 1983) por el nombre del pueblo ficticio eje de esta simulación con más de dos mil variables involucradas, fue un proyecto de 5 años donde se dilucidó el nuevo paradigma de resolución de problemas complejos en un sistema caracterizado por la complejidad y la incertidumbre (Funke, 1988). El objetivo de los participantes era tomar control del pueblo de *LOHAUSEN* y velar por su prosperidad en el corto y largo plazo. Los resultados arrojaron que hasta los participantes que resolvían correctamente el sistema y se volvían expertos en el mismo, no llegaban al mismo nivel que los experimentadores. A su vez, ni el test de matrices progresivas de *RAVEN* ni el *Culture Fair Intelligence Test* (CFT, por sus siglas en inglés) mostraron correlaciones sustanciales con la calidad de las soluciones (Funke, 1986). De esta manera, y más allá de las atribuciones o luego críticas que acompañaron a los comentarios de los autores, *LOHAUSEN* significó el corrimiento de los métodos clásicos de laboratorio y el paso a la búsqueda de los problemas cotidianos.

Thalmaier (1979) creó un sistema dinámico que llamó *MOONLANDING*. En este sistema, los participantes tenían el control de las maniobras de aterrizaje de una nave espacial en la superficie lunar. El experimento fue realizado con 20 estudiantes de matemática donde se halló que, si bien los estudiantes reconocían los patrones del sistema y su no-linealidad, tuvieron grandes problemas en la exploración del mismo, ya que eran incapaces de plantear una estrategia para abordarlo y entenderlo, demostrando la necesidad de una primera fase de análisis de la estructura del sistema. *MOONLANDING* se caracterizó por una baja complejidad, pero al haber sido un sistema dinámico donde se podía manipular sus efectos, su complejidad y transparencia, resultó de ser de gran utilidad para analizar el comportamiento en resolución de problemas (Funke, 1991).

La simulación *TAILORSHOP* (Putz-Osterloh, 1981, 1993) fue un pequeño sistema en el cual los participantes debían hacerse cargo de un taller de costura, comprando los materiales de producción, encargándose del manejo de las máquinas y operarios, e incluso gestionar la venta de remeras para generar ingresos (Funke, 1986). El objetivo era explorar y describir las condiciones esenciales de la resolución de problemas complejos y diferenciarlo con los test de inteligencia. A diferencia de los test de inteligencia, los participantes requerían tomar una cantidad de decisiones que los acercan a la meta y buscar constantemente la información relevante en el sistema. Para evaluar esto, dos condiciones experimentales se presentaron a distintos grupos: una con una imagen explicativa sobre la conexión de las variables (transparencia), y otra sin dicha imagen (intransparencia). Los resultados arrojaron una correlación entre el *IQ* y la resolución de problemas solamente en la condición donde la transparencia era alta, lo cual se interpretó como una crítica a los test de *IQ*, ya que en su mayoría son transparentes, mientras que los problemas cotidianos generalmente son intransparentes (Putz-Osterloh & Lüer, 1981). A su vez, se observó la existencia de un solapamiento entre ambos, pero no una total congruencia (Putz-Osterloh, 1985).

Este resultado también fue hallado por Strohschneider (1991), utilizando el sistema *MORO*, donde al igual que en *TANALAND*, la simulación consistía en mejorar las condiciones de vida de una tribu nómada, en este caso de la región de Sahel. Se utilizaron dos condiciones, una con metas específicas, donde se debían alcanzar ciertos puntajes en variables críticas y otra sin metas específicas, donde solamente debían garantizar las mejoras en el largo plazo de la tribu. En los resultados se encontró una correlación significativa entre resolución de problemas e inteligencia general en la condición con metas específicas, pero no así en la condición sin metas específicas.

La tradición de simular diferentes situaciones de la vida cotidiana siguió creciendo en esta área de investigación. Otros ejemplos importantes de simulaciones utilizadas para la investigación de RPC son: *DAGU* (Reither, 1981), *EPIDEMIC* (Hesse, Spies & Lüer, 1983), *FIRE FIGHTING* (Brehmer, 1987), *TANK SYSTEM* (Mooray, Lootsteen & Pajak, 1986), *HAMURABI* (Gediga, Schötte & Tücke, 1983), *SUGAR FACTORY* (Berry & Broadbent, 1987), *COLD STORAGE DEPOT* (Reichert & Dörner, 1988), *ECOSYSTEM* (Funke, 1985), *MINI LAKE* (Spada & Opwis & 1987), *PORAEU* (Preussier, 1985), *ENERGY SUPPLY* (Vent, 1985), *GAS ABSORBER* (Hübner, 1987) entre otros. Estos sistemas variaban en la cantidad de variables con las cuáles fueron creados, pero siempre con el foco puesto en evaluar el desempeño y las variables que afectaban la tarea de resolución de problemas.

El problema que surgió con este gran número de *Microworlds* diferentes, fue la imposibilidad de comparar los resultados de unos con otros (Buchner & Funke, 1993). De esta manera, y para superar este problema, se crearon los luego llamados *MCS* (*multiple complex system*, Greiff et al, 2012). Dentro de este marco, dos enfoques distintos aparecieron para la creación de estos sistemas dinámicos: los basados en sistemas de ecuaciones lineales o *LSE* (Funke, 1985) y los basados en autómatas de estado finito o *FSA* (Buchner & Funke, 1993).

Los sistemas basados en ecuaciones lineales tienen la característica de brindar al experimentador la posibilidad de dibujar relaciones cuantitativas positivas o negativas, con distintos tipos de variabilidad en sus efectos, entre variables de entrada y de salida (Herde, Wüstenberg & Greiff, 2016). Por otro lado, y a diferencia del paradigma de *LSE*, el *FSA* permite el modelado de relaciones cualitativas entre sus variables, teniendo un número finito de estados, que van cambiando en base a las intervenciones del usuario y generando un *output* de salida (Funke, 2001).

Debido al creciente interés en los sistemas dinámicos y especialmente debido al poco poder de predicción en ambientes no académicos de los tradicionales test de medición de inteligencia (*IQ*), fue desarrollado el paradigma *DYNAMIS* (Funke, 1985), utilizando sistemas con estructuras de ecuaciones lineales y para la investigación de la resolución de problemas. Esto fue pensado para modelar actividades de la vida cotidiana en donde primen tareas que requieren de la regulación y el control de los procesos constituidos por variables cuantitativas, y bajo la premisa de que una situación tanto técnica, como económica o ecológica requiere de un entendimiento previo del sistema antes de que una acción orientada a que la meta pueda ser realizada (Funke, 1995). En estos modelos, el participante debe primero lidiar con un sistema compuesto de variables endógenas y exógenas, siendo estas últimas las únicas que el participante puede manipular. De esta manera, debe ir dilucidando la relación que existe entre las variables y debe controlarlas en favor de cumplir ciertas metas, siendo generalmente estas dos fases diferentes en el mismo experimento. Estas dos fases se conocen como adquisición del conocimiento y aplicación del conocimiento. Generalmente, estas son las dos fases que permiten completar una tarea de resolución de problemas:

- La primera describe una situación en donde el participante debe identificar, a través de una estrategia determinada, la conectividad de las variables que componen el sistema y su dinámica, debido a que los aspectos estructurales del sistema no pueden ser separados de los aspectos dinámicos, ya que el sistema va cambiando interactivamente a través del tiempo. Esta estrategia se realiza manipulando las variables exógenas para que, a través de sus consecuencias, se pueda inferir la estructura del sistema. Las relaciones que se dan entre las variables pueden ser observadas identificando la relación o no de una variable con otra, analizando la direccionalidad de

su relación, señalando la especificación cualitativa de su aspecto (positivas o negativas) o la especificación cuantitativa del peso de esa relación (Funke, 1995).

- La segunda refiere a la situación en dónde al previamente haber pasado por la fase de adquisición del conocimiento, y ya con el conocimiento acumulado en dicha fase, el participante debe decidir si intervenir o no en base a un resultado esperado. El monitoreo realizado por el participante en base al *feedback* que va adquiriendo sobre el sistema le dice si está llegando a cumplir la meta deseada o si debe volver a la fase anterior y conocer el sistema con más profundidad (Fischer, Greiff y Funke, 2012).

La complejidad del sistema *DYNAMIS* está basada sobre el número de variables que intervienen, la cantidad de relaciones que hay entre ellas y la calidad de esas relaciones (efectos paralelos, efectos secundarios, *feedback* o *eigendynamics*). *Eigendynamic* refiere a una variable endógena que posee un efecto en su propio estado sin la influencia de una variable exógena, y en donde esta variable exógena solamente puede agregar al efecto ya causado por su impacto en sí misma.

#### *Resolución de problemas complejos en ambientes interactivos*

La RPC se integró a los exámenes PISA 2012 (OECD, 2013) teniendo en cuenta que puede ser de gran valor para medir el logro académico (Leutner, Klieme & Wirth, 2005). De esta manera, el constructo de RPC siendo medido dinámicamente mostró grandes resultados a diferencia de las clásicas pruebas de lápiz y papel. Basados en los sistemas nombrados anteriormente (*DYNAMIS*, por ejemplo), y utilizando lo que se conoció como enfoque *MICRODYN* (Greiff & Funke, 2009), se creó un software con este mismo nombre, especialmente diseñado para la resolución de problemas complejos y la medición de esta competencia, en base a todos los hallazgos estudiados hasta el momento y tomando a la RPC como un constructo dinámico.

Sumado a la perspectiva analítica anteriormente nombrada que proponía dos etapas bien distinguidas, la adquisición y la aplicación de conocimiento para la solución de problemas involucran otros componentes dinámicos adicionales que tienen lugar en ambientes interactivos (Funke, 1995). La resolución de problemas en ambientes interactivos está caracterizada por una interacción dinámica entre la persona y el problema, para generar e integrar información acerca del mismo. Desde este enfoque, se distinguen cuatro procesos subyacentes en la resolución de problemas: explorar y entender, representar y formular, planear y ejecutar y, por último, evaluar y reflexionar. Los dos primeros procesos corresponderían a la primera etapa, de adquisición del conocimiento, mientras que los dos últimos a la etapa de aplicación del conocimiento.

Tomando la postura de Dörner (1975), el enfoque de Greiff y Funke (2009) define que una situación es problemática cuando diferentes variables influyen uno o más resultados (interconectividad), el sistema no es estático, sino que va cambiando gracias a la influencia del actor participante (dinamismo) y, por último, gran cantidad de información y evaluación de la situación pueden ser no obtenidas (in-transparencia). El enfoque materializado en este software permite sobrepasar varios de los problemas en la medición de RCP que fueron destacados anteriormente, permitiendo un marco teórico formalizado, la posibilidad de crear y tener un pool de ítems infinito, un número de ítems divergentes (lo cual brinda independencia de los mismos) y validez ecológica, a través de la capacidad de simular en sus ítems muchas actividades cotidianas (Greiff & Funke, 2009).

Los sistemas que pueden ser emulados dentro del *MICRODYN* consisten en variables exógenas que influyen variables endógenas, dando los siguientes posibles efectos combinables entre sí: efectos principales, efectos múltiples, dependencias múltiples procesos regresivos de primer orden llamados nuevamente *eygendynamics* y

efectos secundarios. Los efectos principales son relaciones causales en los cuales una variable exógena influye a una variable endógena. Cuando esta variable exógena influye a más de una variable endógena, se cataloga como un efecto múltiple y si, al contrario, una variable endógena es influenciada por varias variables exógenas, se define como una dependencia múltiple. Tanto los efectos secundarios, cuando una variable exógena influencia a una endógena y, a su vez, tiene un pequeño impacto en una variable endógena, como el *eigendynamics*, cuando una variable endógena influencia a sí misma, no pueden ser manipulados por el participante, pero pueden ser identificados mediante el uso de estrategias (Greiff & Funke, 2009).

Los ítems o cada subsistema dentro del modelo *MICRODYN* comprenden tres etapas a ser realizadas en las tareas: una etapa de exploración, el dibujado del modelo mental y una fase de control (Greiff & Funke, 2009). En la fase de exploración los participantes pueden explorar el sistema libremente, sin metas o restricciones establecidas, solamente familiarizándose con el mismo, siendo evaluada de esta manera la estrategia. Luego de explorar el sistema, los participantes deben dibujar las conexiones que encontraron en la fase anterior, donde se evalúa el conocimiento declarativo o la adquisición del conocimiento. En la última fase, la de control, los participantes deben alcanzar una meta establecida por el sistema, manipulando las variables exógenas para influenciar los valores a alcanzar en las variables endógenas. El conocimiento procedural o la aplicación del conocimiento es evaluado en esta fase (Greiff & Funke, 2009).

Klahr y Dunbar (1988) encontraron que la resolución de problemas se encuentra altamente correlacionada con la mejora del pensamiento científico. Una de las formas más utilizadas en la experimentación científica es la estrategia *VOTAT* (por sus iniciales en inglés *vary one thing at the time*; Tschirgi, 1980) que consiste en manipular

solamente una variable a la vez mientras que las demás quedan sin modificarse. Se ha encontrado que, al manipular una variable y ésta afecte a otra más fuerte que a las demás, se puede comprender mejor el funcionamiento de esta variable en el sistema (Wüstemberg et al, 2014). De esta manera, el uso de la estrategia *VOTAT* es un buen enfoque en el abordaje de un problema complejo y se ha demostrado que mejora el desempeño en su resolución (Wüstemberg et al, 2014). Sin embargo, siendo tareas activas y con constante *feedback*, la estrategia *VOTAT* no agota todas las posibilidades de abordaje de un problema complejo.

En base a la utilización de software como el *MICRODYN*, se pudo demostrar en varios estudios la validez de constructo de la RPC. Schweizer, Wüstenberg y Greiff (2013) demostraron en un estudio la mayor capacidad de predicción de la RPC sobre las notas escolares que la memoria de trabajo, un clásico constructo predictor de desempeño intelectual. La resolución de problemas resultó explicar aspectos únicos del desempeño escolar, debido a, como fue mencionado anteriormente, a diferencia de las clásicas pruebas de inteligencia donde el ambiente no brinda *feedback* (matrices progresivas de *RAVEN*, por ejemplo) estas posibilitan estrategias de adquisición de conocimiento con *feedback* (Leopold & Leutner, 2002). Greiff (2012) discute que la forma de medición del constructo en ambientes dinámicos genera que se pueda predecir el desempeño académico en mayor grado que estas otras variables cognitivas. Esta forma de entender la resolución de problemas, hace que también se separe del constructo de razonamiento (Danner et al, 2011; Rigas et al, 2002; Wüstemberg et al, 2012), *Factor g* (Greiff et al, 2013), memoria de trabajo (Meissner, Greiff, Frischkorn & Steinmayr, 2016; Greiff, krkovic & Hautamäki, 2015) e inteligencia fluida (Greiff & Neubert, 2014). Además de esto, en un estudio longitudinal publicado en 2015, Greiff y colaboradores encontraron que la inteligencia fluida explica las dos ramas de la RPC

(adquisición y aplicación del conocimiento), mientras que la memoria de trabajo solamente a la fase de aplicación, y sin gran incidencia.

Siendo este un constructo en desarrollo, es importante examinar los mecanismos cognitivos anteriormente nombrados que lo hacen posible, y analizar las variables motivaciones que también impactan en las tareas de resolución de problemas complejos.

## **Capítulo III: Método**

### **Diseño de la investigación**

La presente investigación se realizó con un diseño cuasi - experimental y de corte transversal. El diseño fue factorial inter-sujetos de grupos extremos en la conformación de los perfiles cognitivos (Alta Memoria de Trabajo & Alta Atención Ejecutiva; Alta MT & Baja AE; Baja MT & Alta AE; Baja MT & Baja AE). Para los criterios de Bajo y Alto en todas las variables independientes se utilizaron percentiles 33 y 66, respectivamente. Al incluir todas las variables, el diseño fue factorial inter - sujeto (2 x 2 x 2 x 2). La variable dependiente fue Resolución de Problemas Complejos. Por otro lado, se realizaron modelos de ecuaciones estructurales para poner a prueba el modelo teórico, introduciendo como variables observables las variables cognitivas, las motivacionales como mediadoras sobre la resolución de problemas complejos (variable dependiente).

### **Población y participantes**

Se utilizó una muestra de conveniencia, con un total de 350 participantes a los que se les administró una batería informatizada. De los 350 participantes, 275 fueron incluidos en la muestra. Estos 75 participantes fueron excluidos por no completaron la batería en su totalidad. Luego, se utilizó el criterio de .80 en la precisión en los cálculos aritméticos de la prueba de memoria de trabajo. El criterio de .80, a diferencia del recomendado de .85 por Unsworth et al (2005), se tomó luego de examinar la muestra, la cual presentaba errores de cálculos y valores de precisión similares a los hallados en el estudio de Musso (2016) realizado con estudiantes universitarios argentinos. Este

filtro se utiliza para garantizar el efecto de interferencia. Luego de este criterio, se eliminaron 60 estudiantes. De esta manera, del total de 350 participantes del estudio, se contó con un total de 215 participantes (68% femenino), con una media de edad de 22 años ( $DE = 5.16$ ), estudiantes universitarios de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (57%) y la de Ciudad de Paraná, Entre Ríos (43 %). En lo que respecta a las áreas de estudio de los participantes, el 68% pertenecía al área de Ciencias Sociales, el 2% a las Ciencias Naturales y 30 % al área de Comunicación. De estos, el 38% pertenecían al primer año de su carrera, el 18% el segundo año, el 26% al tercer año de su carrera, el 12% al cuarto año de la carrera y el 6% al quinto año de su carrera universitaria. El 33% cursó sus estudios secundarios en un establecimiento público, el 13% en un privado no religioso, el 45% en un privado religioso, el 7% en un bilingüe privado y el 2% resultó haberlo cursado en el exterior, con un 73% atendiendo en jornada simple y un 27% en jornada completa. La orientación del colegio secundario fue de un 8% de bachiller con especialización a la literatura, 28% con especialización en ciencias, un 10% con especialización en informática, un 21% en el área comercial, un 6% con especialización técnica y un 28% en otra área.

Por otro lado, el 35% no vivían con sus padres mientras que el 65% vivía con sus padres, con un 14% de estos que también vivían con sus abuelos. En lo que respecta a los padres, los máximos niveles de educación alcanzados por la madre fueron de un 14% con primario incompleto, un 12% con primario completo, un 27% con secundario completo, un 22% con terciario completo, un 24% con universitario completo y un 2% con el posgrado completo. En el caso de la educación alcanzada por el padre, un 2% con primario incompleto, un 15% con primario completo, un 38% con secundario completo, un 16% con terciario completo, un 25% con universitario completo y un 4% con posgrado completo

El 44% de los participantes trabajaban mientras cursaban sus estudios universitarios, mientras que el 56% solamente estudiaba. De los que trabajaban, el 8% eran trabajadores no calificados, el 12% trabajaba en servicio doméstico, el 2% por cuenta propia en oficios, un 12% en el área de administración, un 6% era profesional y un 10% en una actividad diferente, con una media de 10hs de trabajo por semana.

### **Procedimiento de recolección de datos**

El procedimiento para la recolección de datos se hizo en forma de pruebas computarizadas, de manera individual para cada sujeto, en pequeños grupos de clases dentro del laboratorio informático de cada una de las universidades donde fueron aplicados los instrumentos. Los participantes firmaron un consentimiento informado de acuerdo a las normas APA 6ta edición (2009) (ANEXO I). El mismo especifica los softwares que fueron utilizados y los objetivos del presente trabajo de investigación. Se explicita la participación anónima y confidencial.

### **Instrumentos**

- **Automatic Operation Span (AOSPAN, Unsworth, Heitz, Schrock & Engle, 2005):** Prueba computarizada que mide la capacidad de memoria de trabajo, basada en una prueba previa de OSPAN. La prueba consiste de dos partes diferenciadas, una de práctica y una experimental, donde se utiliza el mouse para la realización de la misma. En la sesión de práctica, el participante debe recordar una serie de letras en un primero momento. Estas letras aparecen en el centro de la pantalla, y se mantienen allí por un tiempo de 800 milisegundos (ms). Luego de esto se presenta una matriz de letras (F, H, J, K, L, N, P, Q, R, S, T y Y) donde las letras antes vistas deben ser recordadas y

seleccionadas en orden, sin límite de tiempo. Cuando el participante termina de seleccionar las letras en orden, se le da un *feedback* sobre los aciertos. En la segunda parte de práctica, los participantes deben resolver una serie de operaciones aritméticas básicas. Una vez que fue resuelta se pasa a la siguiente pantalla, donde se presenta un número que responde a la operación aritmética anterior, acompañado de las respuestas “verdadero” o “falso” y donde se debe decidir si el número presentado responde o no a la operación anterior. Nuevamente se brinda nuevamente un *feedback*, que sirve de línea de base sobre el tiempo de respuesta en resolver las operaciones y como límite de tiempo para la sesión experimental del participante. En la tercera parte, se juntan las dos anteriores, resolviendo primero una operación, para luego mostrar una letra a ser recordada. Los participantes no deben demorar más del promedio de respuesta calculado anteriormente más 2,5 de desvío estándar, sino el ensayo será contado como error. Esto asegura que el participante no utilice el tiempo de resolución aritmética para ensayar las letras. Luego de las sesiones de práctica, se pasa a las sesiones del experimento propiamente dicho, las cuales consisten en tres sets de tres a siete letras a ser recordadas. Para que el participante sea tomado en cuenta, debe superar el 80% de precisión para ser tomado en cuenta en los análisis, lo cual asegura que los participantes están haciendo la tarea de resolución y la de recordar de la mejor manera posible, y que las operaciones matemáticas están interfiriendo en la capacidad cognitiva de los participantes. AOSPAN reporta una serie de puntajes totales: OSPAN absoluto, número total de aciertos, error en matemática, error en velocidad y error de precisión. El OSPAN absoluto refiere a la suma de todos los sets perfectamente recordados; este fue considerado en el presente estudio como indicador de la capacidad de memoria de trabajo. El número de aciertos es el número total de letras recordadas en la posición correcta en cualquiera de los ensayos. En cuanto a los errores, el error matemático

corresponde a los errores en la tarea de aritmética, los cuales pueden ser por un error en velocidad por superar la media y el desvío calculado en los ensayos de práctica, o errores de precisión en donde el participante no resolvió el problema matemático correctamente (Unsworth et al, 2005, p. 501). La prueba AOSPAN presenta una confiabilidad test-retest de .83, al igual que una adecuada consistencia interna ( $\alpha=.78$ ). En total, la completa realización de la prueba es de unos 20-25 minutos en promedio.

- **Attention Network Test (ANT, Fan et al., 2002):** Esta prueba computarizada mide tres redes atencionales: orientación, alerta y atención ejecutiva. Utilizando el mouse de la computadora (teclas de izquierda o derecha), los participantes deben indicar la dirección en la cual apunta una flecha que aparece en el centro, respondiendo lo más rápido posible y manteniendo a su vez la precisión en su respuesta. La tarea se divide en una parte de práctica de aproximadamente 2 minutos de duración y tres sesiones experimentales, las cuáles duran 5 minutos cada una. La eficiencia de las redes atencionales es medida a través de los tiempos de reacción en las señales de alerta, las señales de espacio y los flancos. Los distintos efectos en cada una de las redes atencionales son llevados a cabo a través de unos cálculos descritos por Fan et al. (2002). La red de alerta se calcula restando la media de tiempo de reacción de las condiciones con señal doble de la media del tiempo de reacción de la condición sin señales. Para la red de orientación, la media del tiempo de reacción de la condición de señal de espacio (arriba y abajo) se resta de la media de tiempo de reacción de la condición de señal central. Por último, la atención ejecutiva se calcula sustrayendo la media de tiempo de reacción de todas las condiciones de flancos congruentes de la media de tiempo de reacción de las condiciones de flancos incongruentes. (Fan et al., 2002, p. 343).

La prueba posee una alta confiabilidad test-retest de .87 (Fan et al., 2002). Las redes por separado presentan moderada confiabilidad: orientación ( $r=.61$ ), control ejecutivo ( $r=.77$ ) y alerta ( $r=.52$ ) (Fan et al., 2002).

**-Escala de Perseverancia** (OECD, 2013): se utilizó la escala Likert de PISA 2012, con 5 opciones de respuestas (“Se parece mucho a mí” a “nada parecido a mí”) frente a ítems que plantean diferentes comportamientos frente a un problema (ej.: “una persona se da por vencido fácilmente cuando enfrenta un problema”; “pospone problemas difíciles”; “mantiene interés en las tareas comenzadas”; “continúa trabajando en una tarea hasta que esté perfecta; “hace más de lo esperado cuando enfrenta un problema”. Los análisis de confiabilidad interna para esta muestra arrojan un alfa de Cronbach de .63.

**-Escala de Apertura a la resolución de problemas** (OECD, 2013): se utilizó la escala Likert de PISA 2012, con 5 opciones de respuestas (“Se parece mucho a mí” a “nada parecido a mí”) frente a ítems que plantean diferentes grados de apertura frente a un problema (ej. “alguien que puede manejar mucha información”, “es rápido para entender cosas”, “busca explicaciones a las cosas”, “puede fácilmente vincular hechos y le gusta resolver problemas complejos”). A su vez, la escala posee una aceptable confiabilidad interna en esta muestra utilizada ( $\alpha = .72$ ).

**-MicroDyn** (Greiff & Funke, 2009): Se utilizó una tarea a través de un software creado por Greiff y Funke (2009) para la medición del constructo de resolución de problemas complejos. Esta versión fue adaptada al español, con la correspondiente autorización para su uso por parte de los autores. Esta prueba se caracteriza por la

utilización de una plataforma informatizada para la medición de resolución de problemas complejos, donde los participantes deben detectar relaciones causales y controlar los sistemas presentados en sus ítems. Cuenta con tres fases por parte del usuario: una de exploración, otra de adquisición y una fase de aplicación del conocimiento. Según la fase en la que se encuentre el participante, este debe identificar las posibles relaciones entre las variables, dibujar las relaciones en el modelo utilizando flechas o alcanzar los valores requeridos por el sistema. La tarea se basa en un sistema formal que permite una construcción sistemática de problemas con variación de dificultad y divergencia, a la vez que ofrece la posibilidad de emular actividades cotidianas. En un principio, se le explica al participante el uso de los controles del software a través de la presentación de un pequeño video, para luego utilizar los controles una sesión de práctica. En la pantalla principal del software, se ubican a la izquierda los controles desde los cuales el participante puede ajustar valores (-2, +2) y aplicar los cambios realizados; el participante ve en el costado derecho, un gráfico que muestra estos cambios. Tanto en la sesión de práctica como en la experimental, el participante puede realizar todos los cambios que considere para intentar averiguar cómo funciona el sistema. Una vez finalizada esta parte, deberá dibujar las relaciones encontradas en la instancia anterior, a través de flechas. Estas flechas pueden ser directas, mostrando un efecto de una variable sobre una o más, o pueden plantear que una variable es afectada por si misma (el llamado *eygendynamics*). Al finalizar, nuevamente tiene la sesión de práctica donde debe dibujar las flechas del sistema antes descubierto. En la última sesión de práctica, el participante debe alcanzar los valores que el sistema le indica, utilizando los comandos de la izquierda y viendo su resultado en los gráficos de la derecha, luego de ver un tercer video de muestra. Al terminar las tres instancias de práctica, un último video muestra las tres sesiones en una, como será

en las prácticas experimentales. Las situaciones problemáticas de la vida cotidiana reflejadas en los ítems que se eligieron para este estudio fueron: el control de producción en una fábrica de tornillos, optimizar las turbinas existentes de una estación eólica, el uso de distintos fertilizantes en una cosecha de jardinería, el entrenamiento de un equipo juvenil de *Handball*, el manejo de la logística en una empresa farmacéutica, una investigación en medicina sobre el uso de nuevos fármacos y la creación de una nueva fragancia juvenil para una empresa de perfumes. En total fueron siete sesiones de evaluación de resolución de problemas complejos.

### **Procedimiento de análisis estadísticos**

Se procesaron los datos con el software SPSS 23.0. En primer lugar, se calcularon los estadísticos descriptivos (medias, desvíos estándar, tablas de frecuencias y porcentajes) para la descripción de la muestra seleccionada.

**Objetivo 1:** Se hicieron análisis de estadística descriptiva para estudiar las distribuciones y medidas de tendencia central de las variables utilizadas en la muestra.

**Objetivo 2:** Se realizaron análisis T de *Student* para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas según sexo, y entre niveles de escolaridad de los padres en las variables consideradas. Por otro lado, se realizaron ANOVAs, con análisis pos hoc de *Bonferroni*, para identificar si existían diferencias significativas en las variables según el área de especialización del colegio secundario. En el caso del nivel educativo de los padres, se diseñaron dos grupos: educación media y educación superior. De esta manera, el grupo de educación media quedó conformado por  $n = 108$  participantes y  $n = 104$  de educación superior en el caso del nivel de educación de la madre, y  $n = 122$  en educación media y  $n = 90$  en educación superior en el caso del

padre. Para examinar si existían diferencias según el área de especialización del colegio secundario se formaron cuatro grupos según disciplina: Ciencias naturales (n = 58), Informática (n = 33), Administración (n = 47) y Ciencias sociales (n = 77).

**Objetivo 3:** Se realizaron pruebas de correlación bivariada de *Pearson* para analizar las correlaciones entre las variables de memoria de trabajo, atención, perseverancia, apertura a la resolución de problemas complejos y RPC.

**Objetivo 4:** Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) para analizar los efectos de la memoria de trabajo y atención ejecutiva sobre cada una de las tres fases de RPC. Para esto, se realizó un diseño factorial de 2 x 2 (alta, y baja memoria de trabajo) x (alta y baja atención ejecutiva) para armar perfiles cognitivos y examinar sus efectos sobre las tres fases de resolución de problemas. Para armar los perfiles cognitivos se consideraron como puntos de corte los percentiles 33 (Nivel Bajo) y 66 (Nivel Alto), de las distribuciones de la memoria de trabajo y atención ejecutiva.

**Objetivo 5:** Se llevó a cabo un ANOVA con dos factores para estudiar las interacciones entre perfil cognitivo y apertura sobre RPC.

**Objetivo 6:** Se llevó a cabo un ANOVA con dos factores para estudiar las interacciones entre perfil cognitivo y perseverancia sobre RPC.

**Objetivo 7:** Se llevaron a cabo Análisis de Ecuaciones Estructurales a través del programa AMOS 21.0 para poner a prueba los modelos sobre RPC, estudiar su ajuste a los datos y analizar la participación de cada variable. Se utilizó el método de máxima verosimilitud para el ajuste del modelo, recomendando por Byrne (2010).

**Objetivo 8:** Se realizaron Análisis de Regresión Lineal Múltiple de pasos sucesivos para estudiar la predicción del modelo de RPC a partir de las variables

cognitivas, apertura a la RP y perseverancia, y para estudiar cuánto y en qué dirección predice cada variable la RPC

## Capítulo IV: Resultados

Los resultados son presentados a continuación respondiendo cada uno de los objetivos que fueron planteados para el presente trabajo.

### Análisis descriptivos

Los resultados descriptivos de la memoria de trabajo y las tres redes atencionales se presentan en la tabla 1. A su vez, los gráficos de distribución se encuentran en el Anexo 3.

**Tabla 1.**

*Estadísticos descriptivos de memoria de trabajo y redes atencionales*

	<b>N</b>	<b>Media (DE)</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Asimetría</b>	<b>Curtosis</b>
Memoria de trabajo	215	30.08 (15.25)	15	75	.373 (.166)	- .280 (.330)
Orientación	215	45.44 (33.29)	- 31.83	281.83	2.991 (.167)	17.610 (.333)
Alerta	215	35.98 (32.56)	- 81.33	233.83	1.191 (.167)	7.969 (.333)
Atención ejecutiva	215	117.14 (72.38)	- 95.75	480.38	1.885 (.167)	7.402 (.333)

En la tabla 2 se pueden observar las medias y el desvío estándar de las variables motivacionales, tanto para la perseverancia como para la apertura a la resolución de problemas complejos.

**Tabla 2.***Estadísticos descriptivos de perseverancia y apertura a la resolución de problemas*

	<b>N</b>	<b>Media (DE)</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Asimetría</b>	<b>Curtosis</b>
Perseverancia	215	18 (3.02)	9	25	-.356 (.166)	.192 (.331)
Apertura a la RP	215	18 (3.28)	7	25	-.321 (.166)	.073 (.331)

Los estadísticos descriptivos de las tres fases de resolución de problemas complejos son presentados en la tabla 3.

**Tabla 3.***Estadísticos descriptivos de fases de resolución de problemas complejos*

	<b>N</b>	<b>Media (DE)</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Asimetría</b>	<b>Curtosis</b>
Estrategia	215	.4977 (.4106)	0	1	.030 (.178)	- 1.719 (.354)
Adquisición	215	.2730 (.2656)	0	1	.803 (.178)	-.256 (.354)
Aplicación	215	.3023 (.2291)	0	1	.694 (.178)	.323 (.354)

### **Diferencias según variables sociodemográficas**

A continuación, se presentan los resultados del objetivo 2, donde se analizaron diferencias significativas en las variables estudiadas según características sociodemográficas.

### **Diferencias según sexo**

La tabla 4 presenta las diferencias según sexo en las variables estudiadas. En lo que refiere a las redes atencionales, se encontró una diferencia estadísticamente

significativa ( $t(266) = 2.094, p < .05$ ) en la red de alerta, presentando las mujeres un puntaje más alto que los hombres, es decir, los hombres tienen tiempos de reacción más rápidos en cuanto a la red de alerta ( $M \text{ mujeres} = 40.77, DE = 37.29; M \text{ hombres} = 31.15, DE = 28.26$ ). A su vez, la red de atención ejecutiva arrojó diferencias ( $t(266) = -3.293, p < .001$ ): las mujeres presentaron puntajes más elevados, por lo tanto, una velocidad de respuesta más lenta ( $M \text{ mujeres} = 129.82, DE = 82.54$ ) ( $M \text{ hombres} = 97.27, DE = 53.19$ ). La red de orientación no arrojó diferencias significativas entre ambos sexos. A su vez, la memoria de trabajo tampoco presentó diferencias significativas entre hombres y mujeres.

**Tabla 4.**

*Diferencias según sexo en variables cognitivas*

	Sexo		Prueba t ( $gl = 266$ )
	Hombres N= 73 M (DE)	Mujeres N= 142 M (DE)	
Memoria de trabajo	32.18 (16.42)	29 (14.55)	1.453
Orientación	39.58 (20.47)	48.39 (37.87)	- 1.828
Alerta	31.15 (28.26)	40.77(37.29)	2.094*
Atención ejecutiva	97.27 (53.19)	129.82 (82.54)	- 3.293***

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$  \*\*\*  $p < .01$

En lo que respecta a la apertura a la resolución de problemas y la perseverancia, la tabla 5 muestra las diferencias significativas que se encontraron en apertura a la resolución de problemas ( $t(268) = 2.850, p < .01$ ) a favor del grupo de hombres ( $M = 18.76, DE = 3.67$ ) con respecto a las mujeres ( $M = 17.35, DE = 3.22$ ). No se hallaron diferencias significativas en los puntajes de perseverancia.

**Tabla 5.***Diferencias según sexo en variables motivacionales*

	Sexo		Prueba t ( <i>gl</i> = 268)
	Hombres N= 73 M (DE)	Mujeres N= 142 M (DE)	
Apertura a la RP	18.92 (3.58)	17.59 (3.03)	2.850 **
Perseverancia	18.45 (2.88)	17.94 (3.09)	1.183

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$ 

Por otro lado, las fases de resolución de problemas complejos mostraron diferencias significativas en sus tres estadios. La fase de estrategia arrojó diferencias estadísticamente significativas ( $t(271) = 3.562, p < .001$ ) a favor del grupo masculino con respecto al femenino ( $M = .5331, DE = .4066$ ) ( $M = .3972, DE = .3978$ ). Esto mismo se dio tanto en la fase de adquisición ( $t(271) = 4.312, p < .001$ ) ( $M = .3454, DE = .3040$ ) ( $M = .2055, DE = .2193$ ) como en la fase de aplicación del conocimiento ( $t(271) = 4.059, p < .001$ ) ( $M = .3585, DE = .2537$ ) ( $M = .2453, DE = .1933$ ) (tabla 6)

**Tabla 6.***Diferencias según sexo en fases de resolución de problemas complejos*

	Sexo		Prueba t ( <i>gl</i> = 271)
	Hombres N= 73 M (DE)	Mujeres N= 142 M (DE)	
Estrategia	.5331 (.4066)	.3972 (.3978)	3.562***
Adquisición	.3454 (.3040)	.2055 (.2193)	4.312***
Aplicación	.3585 (.2537)	.2453 (.1933)	4.059***

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$  \*\*\*  $p < .01$

## Diferencias según nivel de escolaridad de los padres

En el caso de las variables cognitivas, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la memoria de trabajo a favor de los estudiantes con padres que tenían educación superior ( $t(213) = -2.304$ ;  $p < .05$ ;  $M = 32.85$ ,  $DE = 14.58$ ) comparados con el grupo de educación media ( $M = 28.05$ ,  $DE = 15.46$ ). (tabla 7)

**Tabla 7.**

*Diferencias nivel educativo del padre según variables cognitivas*

	Educación media N= 73 M (DE)	Educación superior N= 142 M (DE)	Prueba t (gl = 213)
Memoria de trabajo	28.05 (15.46)	32.85 (14.58)	- 2.304*
Orientación	44.03 (33.28)	47.34 (33.39)	-.714
Alerta	38.41 (37.81)	32.68 (23.35)	1.269
Atención ejecutiva	125.86 (84.44)	105.41(50.07)	2.045

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$  \*\*\*  $p < .01$

Como se puede observar en la tabla 8, para las variables motivacionales, la perseverancia ( $t(212) = -2.535$ ,  $p < .05$ ) se presentó en mayor medida en estudiantes con padres que tenían educación superior ( $M = 18.71$ ,  $DE = 2.92$ ) en comparación con el grupo de educación media ( $M = 17.67$ ,  $DE = 3.03$ ).d

**Tabla 8.***Diferencias nivel educativo del padre según variables motivacionales*

	Educación		Prueba t ( <i>gl</i> = 212)
	Educación media N= 73 M (DE)	Educación superior N= 142 M (DE)	
Apertura a la RP	17.74 (3.41)	18.45 (3.21)	-1.569
Perseverancia	18.71 (2.92)	17.67 (3.03)	- 2.535*

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$  \*\*\*  $p < .01$ 

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todas las fases de RPC entre diferentes niveles educativos del padre, pero no se hallaron diferencias en cuanto al nivel educativo de la madre. Los resultados fueron: estrategia ( $t(213) = -2.731, p < .01$ ) ( $M = .5857, DE = .3881$ ) ( $M = .4331, DE = .4162$ ), adquisición del conocimiento ( $t(213) = -2.170, p < .05$ ) ( $M = .3185, DE = .2662$ ) ( $M = .2396, DE = .2611$ ) y aplicación del conocimiento ( $t(213) = -4.039, p < .001$ ) ( $M = .3735, DE = .2292$ ) ( $M = .2501, DE = .2154$ ). Los estudiantes que tenían padres con educación superior puntuaron más alto en todas las fases.

**Tabla 9.***Diferencias nivel educativo del padre según variables motivacionales*

	Educación		Prueba t ( <i>gl</i> = 213)
	Educación media N= 73 M (DE)	Educación superior N= 142 M (DE)	
Estrategia	.5857 (.3881)	.4331 (.4162)	- 2.731**
Adquisición	.3185 (.2662)	.2396 (.2611)	- 2.170*
Aplicación	.3735 (.2292)	.2501 (.2154)	- 4.039***

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$  \*\*\*  $p < .01$

## Diferencias según área de especialización del colegio secundario

En la tabla 8, se muestran los resultados para las variables cognitivas. Estos arrojaron diferencias en la memoria de trabajo ( $F(3, 211) = 4.961, p < .01$ ) entre el grupo de Informática ( $M = 38.64, DE = 16.25$ ) y el grupo de Ciencias Naturales ( $M = 27.05, DE = 14.71$ ). A su vez, el grupo de informática también presentó un mayor puntaje en la capacidad de memoria de trabajo comparado con el grupo de Ciencias Sociales ( $M = 28.13, DE = 14.69$ ).

**Tabla 10.**

*Diferencias en variables cognitivas según área de estudio del colegio secundario*

	Naturales	Informática	Administración	Sociales		
	(A)	(B)	(C)	(D)	$F_{(3, 211)}$	<i>Post hoc</i>
	$n=58$	$n=33$	$n=47$	$n=77$		
Memoria de trabajo	27.05 (14.71)	38.64 (16.25)	31 (14.21)	28.13 (14.9)	4.961**	(B) > (A), (B) > (D)
Orientación	48.95 (35.47)	47.50 (22.09)	39.76 (22,42)	45.30 (40.52)	.700	-----
Alerta	33.53 (38.40)	38.87 (21.56)	30.72 (27.33)	28.60 (6.18)	.944	-----
Atención ejecutiva	118.32 (84.39)	120.42 (53.63)	119.83 (47.01)	113.08 (82.83)	.125	-----

\*\*  $p < .01$ .

Los análisis en las variables motivacionales mostraron diferencias significativas en la apertura a la resolución de problemas ( $F(3, 210) = 3.22, p < .05$ ). Las pruebas post hoc señalaron diferencias entre el grupo de Informática ( $M = 19.09, DE = 3.46$ ) y el grupo de Ciencias sociales ( $M = 17.22, DE = 3.53$ ). (tabla 11).

**Tabla 11.**

*Diferencias en variables motivacionales según área de estudio del colegio secundario*

	Naturales (A) <i>n</i> =58	Informática (B) <i>n</i> =33	Administración (C) <i>n</i> =47	Sociales (D) <i>n</i> =77	$F_{(3, 210)}$	<i>Post hoc</i>
Apertura a la resolución de problemas	18.22 (2.91)	19.09 (3.46)	18.40 (2.94)	17.22 (3.53)	3.022*	(B) > (D)
Perseverancia	18.31 (2.73)	18.33 (3.11)	18.34 (2.50)	17.72 (3.47)	.645	-----

\*\*  $p < .05$ .

En el caso de la resolución de problemas complejos, cada una de sus fases arrojó diferencias significativas entre estudiantes de distintas disciplinas: la estrategia ( $F(3, 211) = 4.142, p < .01$ ) entre el grupo de Informática ( $M = .7144, DE = .333$ ) y el grupo de Ciencias Sociales ( $M = .4229, DE = .4044$ ). En el caso de la Adquisición de conocimientos ( $F(3, 211) = 5.254, p < .01$ ), estudiantes de Informática ( $M = .4368, DE = .278$ ) se diferenciaron significativamente de todos los otros grupos: Ciencias Naturales ( $M = .2487, DE = .244$ ), Administración ( $M = .2437, DE = .264$ ) y Ciencias Sociales ( $M = .2390, DE = .233$ ). Finalmente, en la fase de aplicación del conocimiento

( $F(3,211) = 2.652, p < .05$ ) se presentaron diferencias significativas entre los grupos de Informática ( $M = .3984, DE = .261$ ) y Ciencias Sociales ( $M = .2673, DE = .233$ ) (tabla 12)

**Tabla 12.**

*Diferencias en fases de resolución de problemas complejos según área de estudio del colegio secundario*

	Naturales	Informática	Administración	Sociales		
	(A)	(B)	(C)	(D)	$F_{(3, 211)}$	<i>Post hoc</i>
	$n=58$	$n=33$	$n=47$	$n=77$		
Estrategia	.4926 (.430)	.7411 (.333)	.4744 (.404)	.4229 (.404)	4.142**	(B) > (D)
Adquisición del conocimiento	.2487 (.244)	.4368 (.278)	.2437 (.264)	.2390 (.254)	5.254**	(B) > (A), (B) > (C), (B) > (D)
Aplicación del conocimiento	.3052 (.226)	.3984 (.261)	.2887 (.185)	.2673 (.233)	2.652*	(B) > (D)

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$ .

### **Análisis de correlaciones**

Los análisis de correlación  $r$  de *Pearson* señalaron correlaciones positivas y significativas, aunque débiles, entre la memoria de trabajo y ambas variables motivacionales: apertura a la resolución de problemas complejos ( $r = .236, p < .001$ ) y perseverancia ( $r = .135, p < .05$ ). (tabla 13)

**Tabla 13.***Correlaciones entre variables cognitivas y motivacionales*

	Apertura a la RP	Perseverancia
Memoria de trabajo	.236***	.135*
Orientación	-.136*	-.092
Alerta	-.074	-.001
Atención ejecutiva	-.188	-.146

\*\*  $p < .01$ 

A su vez, en la tabla 12, se muestra como la memoria de trabajo mostró correlaciones positivas significativas pero débiles, con las tres fases de resolución de problemas complejos: estrategia ( $r = .153, p < .05$ ), adquisición del conocimiento ( $r = .159, p < .05$ ) y aplicación del conocimiento ( $r = .184, p < .01$ ) (tabla 14).

**Tabla 14.***Correlaciones entre variables cognitivas y fases de resolución de problemas complejos*

	Estrategia	Adquisición	Aplicación
Memoria de trabajo	.153*	.159*	.184**
Orientación	.040	.060	.011
Alerta	-.002	-.059	-.059
Atención ejecutiva	-.093	-.084	-.127

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

Como se puede ver en la tabla 15, en el caso de las variables motivacionales y las fases de resolución de problemas complejos, la apertura a la resolución de problemas mostró correlaciones positivas con la estrategia ( $r = .204, p < .001$ ), con la adquisición de conocimiento ( $r = .184, p < .01$ ) y la aplicación de conocimiento ( $r = .174, p < .01$ ). A su vez, la perseverancia arrojó una correlación positiva con la fase de estrategia ( $r = .161, p < .01$ ).

**Tabla 15.**

*Correlaciones entre variables motivacionales y fases de resolución de problemas complejos*

	Estrategia	Adquisición	Aplicación
Apertura a la RP	.175**	.159*	.184**
Perseverancia	.161**	.113	.113

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

### **Análisis de efectos e interacciones**

#### **Interacciones entre perfil cognitivo y apertura a la resolución de problemas complejos sobre la RPC**

En la tabla 20 y gráfico 1, los resultados muestran una interacción significativa entre el perfil cognitivo y la apertura a la resolución de problemas ( $F(35, 210) = 1.509, p < .05; \eta^2 = .254$ ) sobre la fase de Adquisición del conocimiento.

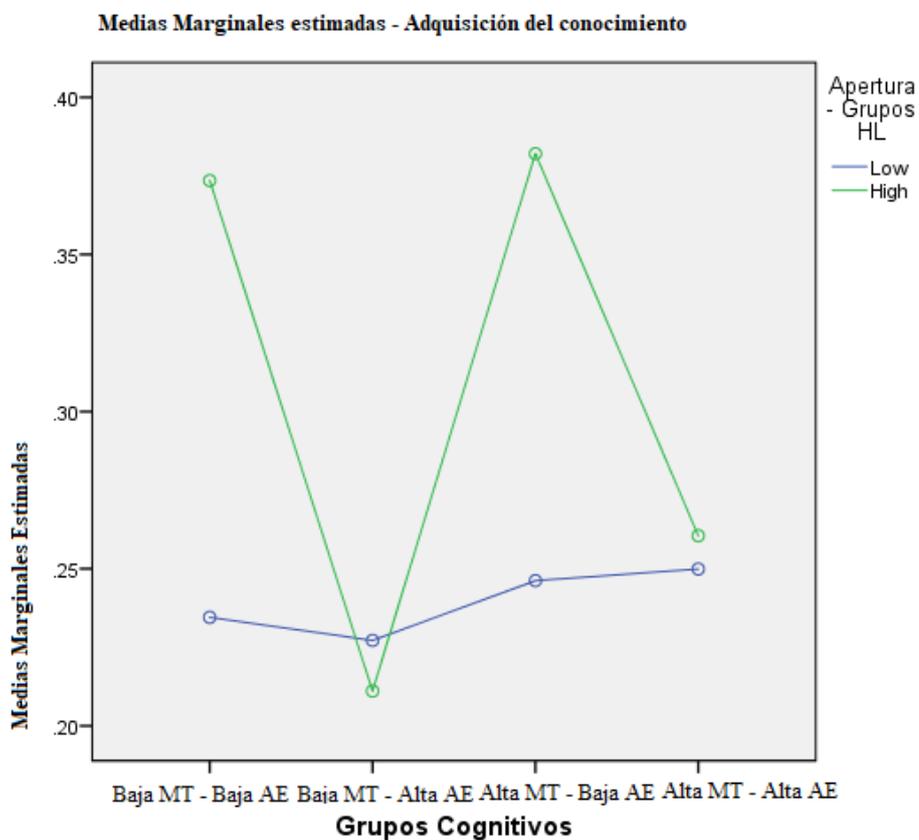
**Tabla 20.**

*Interacciones entre los grupos cognitivos y la apertura sobre la adquisición del conocimiento*

	gl	Media	F	Sig.	Eta
Grupos_Cognitivos	3	.164	2.569	.056	.047
Apertura	16	.071	1.115	.346	.103
Grupos_Cognitivos *	35	.096	1.509	.047	.254
Apertura					

**Gráfico 1.**

*Interacciones entre los grupos cognitivos y la apertura sobre la adquisición del conocimiento*



En el caso de la fase de aplicación del conocimiento, no se encontraron interacciones, pero, tal como se ve en la tabla 21, la apertura a la resolución de problemas mostró un efecto principal ( $F(16,210) = 1.827, p < .05; \eta^2 = .159$ ). En la fase de estrategia, no se encontraron resultados estadísticamente significativos.

**Tabla 21.***Interacciones entre los grupos cognitivos y la apertura sobre la aplicación del conocimiento*

	gl	Media	F	Sig.	Eta
Grupos_Cognitivos	3	.113	2.239	.086	.042
Apertura	16	.086	1.704	.050	.150
Grupos_Cognitivos *	3	.033	.656	.928	.129
Apertura					

**Interacciones entre el perfil cognitivo y la perseverancia sobre la RPC**

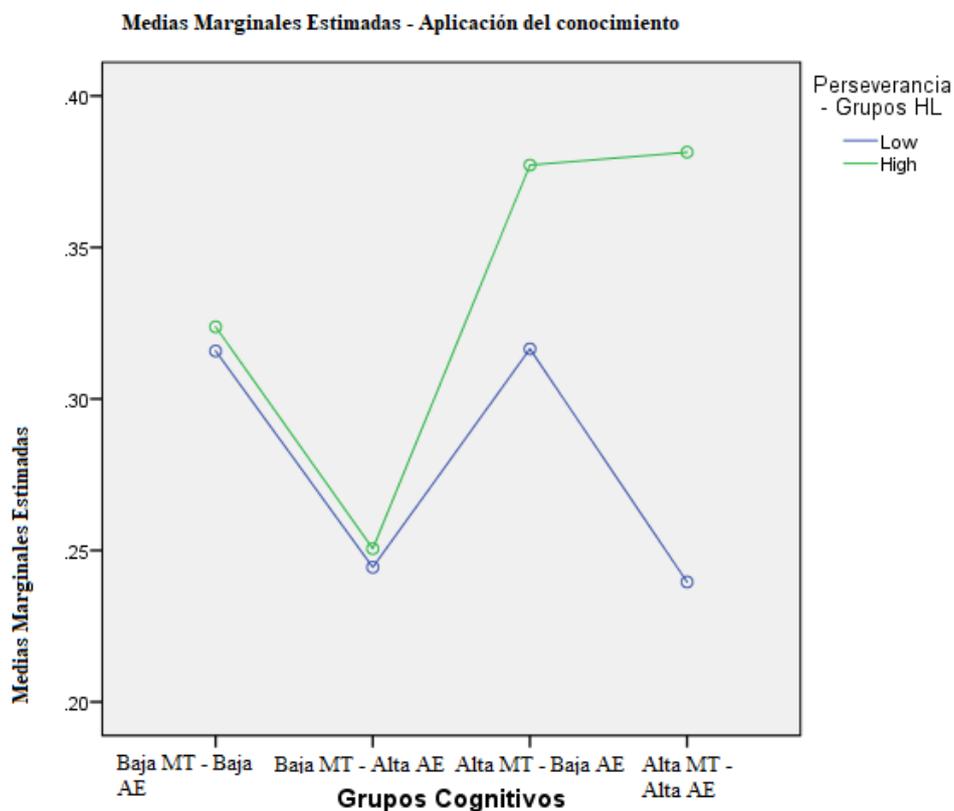
En el caso de la perseverancia, no se encontró ninguna interacción con el perfil cognitivo sobre las fases. En cambio, si se encontró un efecto principal de la misma sobre la aplicación del conocimiento ( $F(16,210) = 1.753, p < .05, \eta^2 = .151$ ), tal como se observa en la tabla 22 y en el gráfico 2.

**Tabla 22.***Interacciones entre los grupos cognitivos y la perseverancia sobre la aplicación del conocimiento*

	gl	Media	F	Sig.	Eta
Grupos_Cognitivos	3	.114	2.352	.074	.043
Perseverancia	16	.085	1.753	.042	.151
Grupos_Cognitivos *	32	.050	1.030	.433	.173
Perseverancia					

**Gráfico 2.**

*Interacciones del grupo cognitivo y la perseverancia sobre la aplicación del conocimiento*



### **Efectos principales del grupo cognitivo**

Por otro lado, el grupo cognitivo ( $F(3, 257) = 3.896, p < .01; \eta^2 = .044$ ) mostró un efecto principal sobre la aplicación del conocimiento como se puede observar en la tabla 23. En el gráfico 3 se puede observar que el grupo de alta memoria de trabajo / baja atención ejecutiva ( $M = .340, DE = .025$ ) presentó un mejor puntaje en esta fase de la RPC, comparado con el grupo de baja memoria de trabajo / alta atención ejecutiva ( $M = .222, DE = .25$ ) (tabla 24). Por otro lado, los grupos cognitivos no presentaron efectos significativos sobre la fase de estrategia.

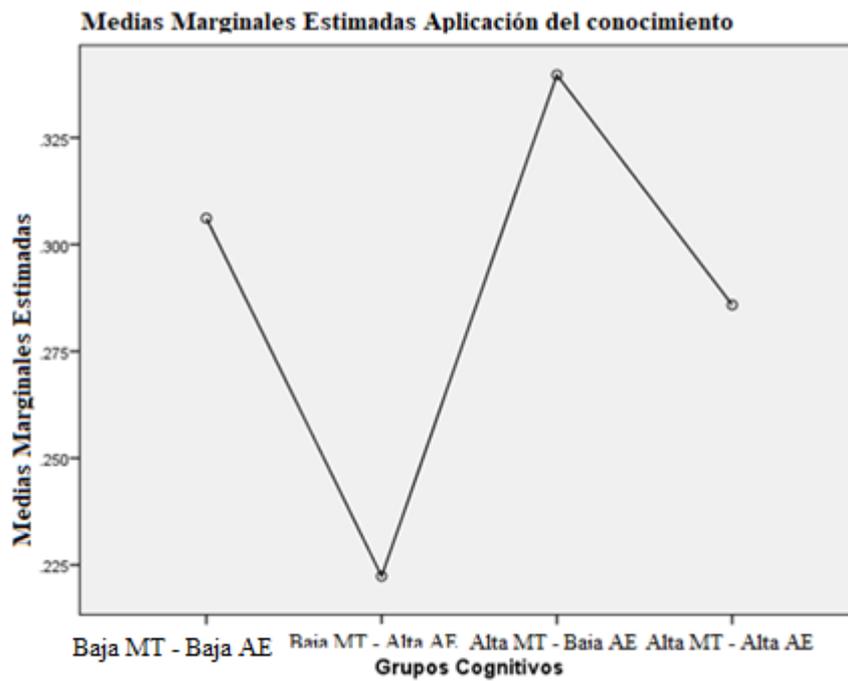
**Tabla 23.**

*Efectos principales del grupo cognitivo sobre la aplicación del conocimiento.*

	gl	Media	F	Sig.	Eta
Grupos_Cognitivos	3	.185	3.896	.010	.044

**Gráfico 3.**

*Efecto principal de perfiles cognitivos sobre aplicación del conocimiento*



**Tabla 24.**

*Pruebas Pos hoc de Bonferroni para diferencias en fases de resolución de problemas complejos según grupo cognitivo*

	B MT / B AE	B MT / A AE	A MT / B	A MT / A AE		
	(A)	(B)	AE (C)	(D)	F <sub>(3, 257)</sub>	Post hoc
	n=41	n=48	n=72	n=49		
Estrategia	.5091 (.418)	.3710 (.390)	.5119 (.393)	.4809 (.447)	1.930	-----
Adquisición del conocimiento	.2727 (.254)	.1872 (.226)	.3099 (.285)	.2527 (.255)	3.057*	(c) > (b)
Aplicación del conocimiento	.3062 (.220)	.2224 (.189)	.3397 (.225)	.2859 (.242)	3.896**	(c) > (b)

\* p < .05 \*\* p < .01.

### **Modelo de Ecuaciones estructurales**

En primer lugar, se decidió agrupar los ítems de las escalas de perseverancia y apertura a la RPC con el fin de obtener un modelo unifactorial de medida de la actitud frente a la RPC. De esta manera, se podría poner a prueba luego un modelo más parsimonioso de ecuaciones estructurales al incluir las demás variables. Para esto, se realizó un análisis factorial exploratorio con el método de Máxima Verosimilitud y

fijando la extracción de factores a 1. El cálculo del índice de adecuación muestral Kaiser–Meyer– Oklin (KMO) = .78 y la prueba de esfericidad de Bartlett,  $X^2 = 516.68$ ;  $p < .001$  indicaron que era apropiado llevarlo a cabo. En la tabla 1 se presentan los resultados los cuáles dieron un modelo unifactorial que explicaban el 25% de la varianza, con todos los ítems pesando por arriba de .30, salvo por el ítem Nro. 2 de perseverancia (“Alguien que pospone problemas difíciles”), el cual puntuó .27 y se decidió eliminarlo.

**Tabla 25.**

*Análisis factorial exploratorio Actitud hacia la resolución de problemas complejos*

Ítem	Factor
Alguien que es rápido para entender las cosas	.692
Alguien que busca explicaciones a las cosas	.415
Alguien que mantiene interés en las tareas comenzadas	.402
Alguien que continúa trabajando en una tarea	.428
Alguien que hace más de lo esperado	.464
Alguien que puede manejar mucha información	.618
Alguien que puede fácilmente vincular hechos	.526
Alguien que le gusta resolver problemas complejos	.564
Alguien que se da por vencido fácilmente	.471
Alguien que pospone problemas difíciles	.275

Valor propio	2.484
Varianza explicada (%)	24.839

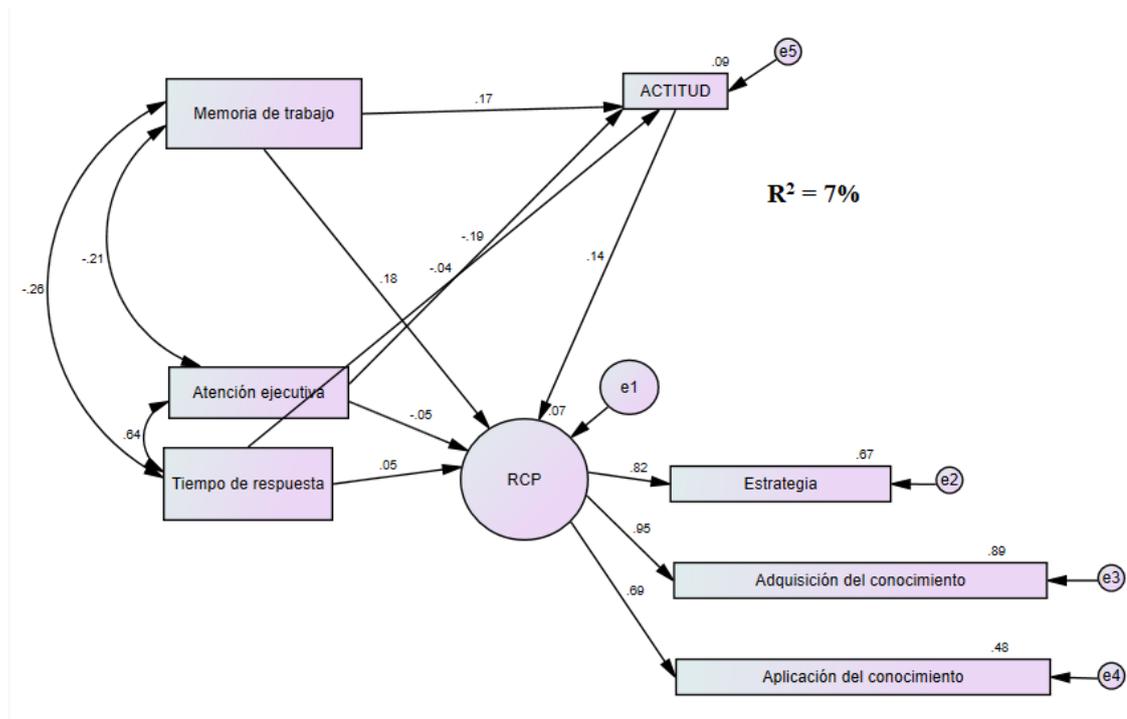
Para analizar la confiabilidad interna del modelo unifactorial, se realizó un análisis alfa de Cronbach, el cual resultó mostrar una buena confiabilidad ( $\alpha = .76$ ).

Luego de esto, se puso a prueba dos modelos de ecuaciones estructurales: un modelo mediado por la variable actitud y este fue comparado con un modelo restringido en sus efectos mediados por la actitud.

En el gráfico 3, se puede observar el primer modelo sin restricciones (hipótesis 6a), donde utilizó la memoria de trabajo, la atención y la actitud hacia la resolución de problemas como variables observables, y a las tres fases de la resolución de problemas complejos como variables endógenas, a través de una variable latente denominada RPC. Este modelo arrojó un buen ajuste a los datos ( $CFI = .998$ ,  $TLI = .992$ ,  $RMSEA = .025$ ;  $\chi^2(8) = 9.057$ ,  $p = .337$ ), explicando un 7% de la varianza. Este modelo mostró un efecto de la memoria de trabajo sobre la actitud ( $\beta = .057$ ,  $b = .167$ ,  $S.E = .023$ ,  $p < .05$ ) y un impacto de la atención ejecutiva sobre la actitud ( $\beta = -.014$ ,  $b = -.194$ ,  $S.E = .006$ ,  $p < .05$ ). A su vez, la memoria de trabajo mostró un efecto directo sobre la resolución de problemas complejos ( $\beta = .004$ ,  $b = .179$ ,  $S.E = .002$ ,  $p < .05$ ), como así también un efecto directo de la actitud sobre la resolución de problemas complejos ( $\beta = .009$ ,  $b = .144$ ,  $S.E = .005$ ,  $p < .05$ ).

**Gráfico 3.**

*Modelo híbrido de ajuste con memoria de trabajo, redes atencionales, y actitud hacia a la resolución de problemas como variables observables y las fases de RPC como variables endógenas.*



**Tabla 23.**

*Modelo híbrido de ajuste con memoria de trabajo, redes atencionales, y actitud hacia a la resolución de problemas como variables observables y las fases de RPC como variables endógenas.*

	$\chi^2$	gl	CFI	TLI	RMSEA
<b>Modelo</b>	<b>9.057</b>	<b>8</b>	<b>.999</b>	<b>.992</b>	<b>.025</b>
<b>estructural</b>					

**Tabla 24.**

*Predictores del modelo híbrido de ajuste con memoria de trabajo, redes atencionales, y actitud hacia a la resolución de problemas como variables observables y las fases de RPC como variables endógenas.*

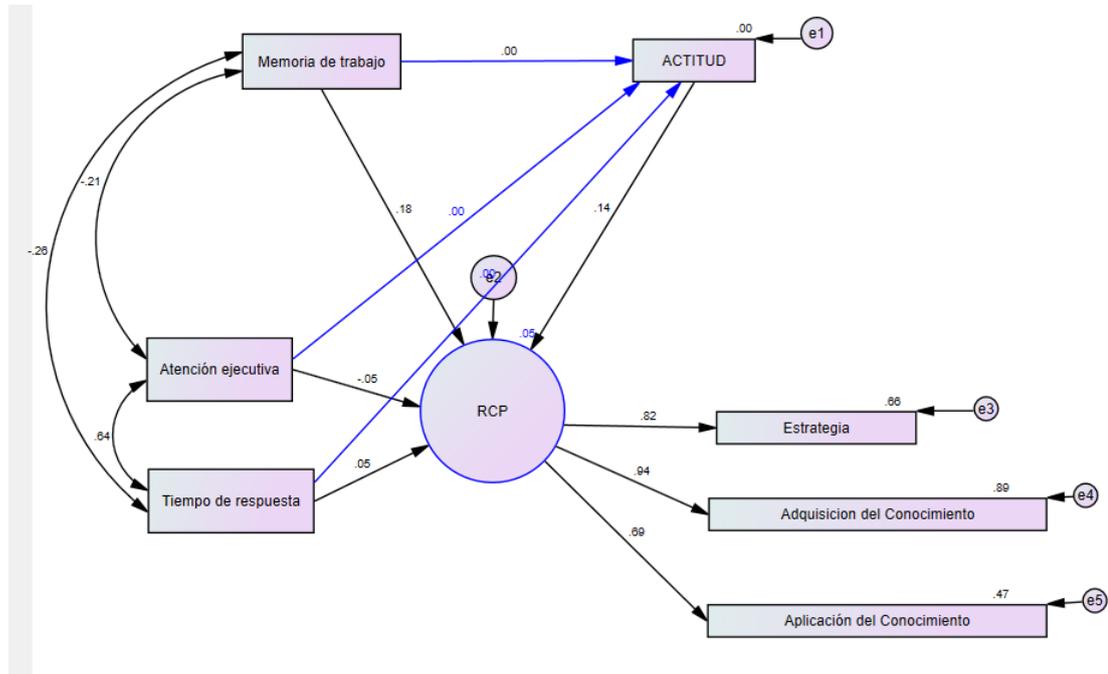
PREDICTORES		
Memoria de trabajo	---> ACTITUD	.167*
Atención ejecutiva	---> ACTITUD	-.194*
Tiempo de respuesta	---> ACTITUD	-.040
Memoria de trabajo	---> RPC	.179*
Actitud	---> RPC	.144*
Atención ejecutiva	---> RPC	-.047
Tiempo de respuesta	---> RPC	.046
RPC	---> ESTRATEGIA	.817
RPC	---> ADQUISICIÓN	.945
RPC	---> APLICACIÓN	.691

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

Para analizar los efectos directos de las variables sobre la resolución de problemas complejos, se planteó un segundo modelo (hipótesis 6b), donde se restringieron los efectos mediados por la Actitud. Este modelo arrojó un buen ajuste ( $CFI = .96$ ,  $TLI = .90$ ,  $RMSEA = .089$ ,  $\chi^2 (11) = 29.848$ ,  $p < .01$ ), aunque menor al modelo anterior ( $\chi^2 (3) = 20.791$ ,  $p < .01$ ), explicando un 5% de la varianza. En este caso, la memoria de trabajo tuvo un efecto directo sobre la resolución de problemas complejos ( $\beta = .004$ ,  $b = .180$ ,  $S.E = .002$ ,  $p < .05$ ), al igual que la actitud ( $\beta = .009$ ,  $b = .144$ ,  $S.E = .005$ ,  $p < .05$ ).

**Gráfico 4.**

*Modelo híbrido de ajuste con memoria de trabajo, redes atencionales, y actitud hacia a la resolución de problemas como variables observables y las fases de RPC como variables endógenas, restringiendo los efectos mediadores*



**Tabla 23.**

*Modelo híbrido de ajuste con memoria de trabajo, redes atencionales, y actitud hacia a la resolución de problemas como variables observables y las fases de RPC como variables endógenas, restringiendo los efectos mediadores*

	$\chi^2$	gl	CFI	TLI	RMSEA
<b>Modelo</b>	<b>29.848</b>	<b>11</b>	<b>.96</b>	<b>.90</b>	<b>.089</b>
<b>estructural</b>					

**Tabla 24.**

*Predictores del modelo híbrido de ajuste con memoria de trabajo, redes atencionales, y actitud hacia la resolución de problemas como variables observables y las fases de RPC como variables endógenas, restringiendo los efectos mediadores.*

	Predictores
Memoria de trabajo ---> ACTITUD	.000
Atención ejecutiva ---> ACTITUD	.000
Tiempo de respuesta ---> ACTITUD	.000
Memoria de trabajo ---> RPC	.180*
Actitud ---> RPC	.144*
Atención ejecutiva ---> RPC	-.048
Tiempo de Respuesta ---> RPC	.046
RPC ---> ESTRATEGIA	.815
RPC ---> ADQUISICIÓN	.945
RPC ---> APLICACIÓN	.688

\*  $p < .05$

### **Análisis de regresiones múltiples**

Para analizar la contribución específica de cada una de las variables cognitivas y motivaciones en cada una de las fases de resolución de problemas complejos, se realizaron análisis de regresión múltiple.

En la tabla 30 se muestran los resultados para la fase de estrategia. Se encontró un modelo que explicó el 8% de la varianza de RPC, siendo el modelo significativo ( $p <$

.001). Los predictores significativos de la estrategia fueron la apertura a la resolución de problemas ( $t = 2.181, \beta = .153, p < .05$ ) y la memoria de trabajo ( $t = 2.264, \beta = .143, p < .05$ ).

**Tabla 30.**  
*Predictores de la fase de estrategia*

<i>Predictores</i>	<i>B</i>	<i>SE B</i>	<i><math>\beta</math></i>	<i>t</i>
<i>Memoria de trabajo</i>	.004	.002	.143	2.264*
<i>Orientación</i>	.001	.001	.097	1.584
<i>Alerta</i>	.000	.001	.022	.357
<i>Atención ejecutiva</i>	.000	.000	-.026	-.423
<i>Apertura a la RP</i>	.018	.008	.153	2.181*
<i>Perseverancia</i>	.011	.009	.082	1.216

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

Se halló otro modelo que explicó el 8% de la varianza de la fase de adquisición del conocimiento, siendo significativo ( $p < .001$ ), como se observa en la tabla 31. Solo la memoria de trabajo resultó ser un predictor significativo ( $t = 2.887, \beta = .183, p < .01$ ).

**Tabla 31.***Predictores de la fase de adquisición del conocimiento*

<i>Predictores</i>	<i>B</i>	<i>SE B</i>	$\beta$	<i>t</i>
<i>Memoria de trabajo</i>	.003	.001	.183	2.287**
<i>Orientación</i>	.000	.000	.066	1.084
<i>Alerta</i>	.000	.001	.011	.173
<i>Atención ejecutiva</i>	.000	.000	-.023	-.371
<i>Apertura a la RP</i>	.010	.005	.127	1.814
<i>Perseverancia</i>	.004	.006	.048	.705

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$ 

Finalmente, en la tabla 32 se presentan los resultados de análisis de regresión para la fase de aplicación del conocimiento. Se encontró un modelo que explicó el 7% de la varianza, siendo un modelo significativo ( $p < .001$ ). Nuevamente, el principal predictor fue la memoria de trabajo ( $t = 2.495$ ,  $\beta = .159$ ,  $p < .05$ ).

**Tabla 32.***Predictores de la fase de aplicación del conocimiento*

<i>Predictores</i>	<i>B</i>	<i>SE B</i>	$\beta$	<i>t</i>
<i>Memoria de trabajo</i>	.002	.001	.159	2.495*
<i>Orientación</i>	.000	.000	.036	.593
<i>Alerta</i>	.000	.000	.022	-.455
<i>Atención ejecutiva</i>	.000	.000	-.070	-1.109
<i>Apertura a la RP</i>	.007	.005	.108	1.531
<i>Perseverancia</i>	.003	.005	.049	.721

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

## Capítulo V: Discusión

La importancia del presente trabajo radica en analizar los perfiles cognitivos y los factores motivacionales de los estudiantes universitarios que subyacen a las distintas fases de resolución de problemas complejos, desde un enfoque interactivo. Los estudios realizados en entornos informatizados y con mediciones dinámicas de resolución de problemas son escasos en Argentina. El presente estudio puso a prueba hipótesis acerca de la contribución de procesos de control cognitivo y motivacionales en la resolución de problemas complejos desde una perspectiva dinámica y de procesamiento de la información. Esto brindó la posibilidad de registrar de forma precisa y en tiempo real, no sólo el logro de una meta sino también los principales componentes del proceso de resolución de problemas complejos, desde la representación del problema hasta la aplicación de una estrategia para resolver el problema.

### **Características cognitivas, motivacionales y RPC**

Si se tienen en cuenta los valores promedios de la capacidad de memoria de trabajo para muestras de estudiantes universitarios de nuestro medio reportados en estudios previos (Musso et al, 2013; Musso et al, 2019) ( $M = 27.66$ ,  $DE = 14.80$ ), se observa que la muestra del presente estudio presenta un puntaje similar ubicándose entre el percentil 50 y 66. Sin embargo, si esta media es comparada con grupos de otros países, como por ejemplo Estados Unidos ( $M = 39.64$ ;  $DE = 20.77$ ), la muestra del presente estudio presenta una capacidad de memoria de trabajo más baja (Quach, Mano & Alexander, 2016). Si bien son escasos los estudios comparativos de la memoria de trabajo entre distintos países y culturas, estos resultados son coherentes con el bajo desempeño en matemática de Argentina en las pruebas PISA (Musso et al., 2012). La literatura ha señalado la importancia clave de la memoria de trabajo para el desarrollo

de la competencia en matemática, junto al entrenamiento de estrategias de resolución desde la temprana infancia (Adams & Hitch, 1997; Passolunghi & Pazzaglia, 2004; Pickering, 2006). Con respecto a los niveles de las distintas redes atencionales, las medias del presente estudio se encuentran alrededor de los promedios reportados en estudios previos (Musso, Cascallar, & Murata, 2012).

Los puntajes de los factores motivacionales, tanto de la perseverancia como de la apertura a la resolución de problemas, mostraron estar muy por debajo del promedio establecido por la OECD, definido en 31 puntos a través de una media de puntajes de los países evaluados (OECD, 2012). Cabe destacar que, sin embargo, en la presente investigación, el presente promedio de las variables motivacionales fue de 18, siendo superior a los reflejados en los exámenes PISA 2012, donde Argentina contó con un puntaje de 13 puntos. Estos puntajes son semejantes a los de otros países de Latinoamérica, tales como Colombia (6), Brasil (11), pero inferiores a otros países cercanos como Perú (17), Uruguay (20) o Chile (26). Se puede pensar que los niveles motivacionales están asociados a ciertos factores socioeconómicos que son característicos de Latinoamérica y que condicionan a los estudiantes a dedicarse a distintas obligaciones además del estudio universitario (Darolia, 2014). Además, los estilos de enseñanza influyen en la motivación de los alumnos, siendo estos diferentes en países que puntúan más alto en estos factores, enseñando al alumno a tener mucha más participación práctica en las tareas (Bomia et al, 1997). Cabe destacar que los factores de motivación y las actitudes de los alumnos hacia el aprendizaje están muy relacionados con el desempeño de los estudiantes en diferentes áreas del conocimiento, tal como la educación financiera o las matemáticas (PISA, 2013).

## **Perfiles cognitivos, motivacionales y RPC según características sociodemográficas**

Con respecto al segundo objetivo, se buscó analizar las diferencias significativas en los perfiles cognitivos, los factores motivacionales y las distintas fases de resolución de problemas según tres características sociodemográficas relevantes para la bibliografía: el sexo, nivel de escolaridad de los padres y el área de especialización del colegio secundario de los alumnos.

Sobre las variables cognitivas, las mujeres mostraron tener respuestas más lentas que los hombres en las redes atencionales de alerta y atención ejecutiva. Esto es similar en estudios anteriores (Musso et al, 2012). Como se planteó anteriormente, esto puede deberse a diferencias en cambios madurativos complejos en el sistema atencional, que parece que son influidos por el sexo (Novakovic – Agopian, 1995). Por otro lado, se han encontrado diferencias de sexo en el procesamiento de la información visual (Bradshaw & Nettleton, 1983) como así también en tareas de atención sostenida y focalizada en favor de los hombres (Kolb & Whitshaw, 1985) comparado con las mujeres.

En las variables motivacionales, los hombres puntuaron más alto que las mujeres tanto en los niveles de perseverancia como en los niveles de apertura a la resolución de problemas. Esto es similar a los resultados encontrados previamente, donde la relación de los niveles de motivación y de desempeño en las tareas de resolución de problemas es más fuerte entre los hombres (Musso et al, 2013, Eklöf, 2006; Eklöf & Nyroos, 2013; Karmos & Karmos, 1984). Estos resultados a su vez pueden relacionarse con la elección de carrera de los hombres, generalmente más relacionada con los deportes, la mecánica, la computación o la ingeniería (OCDE, 2012). A su vez, los hombres se perciben como

más eficaces en ciertas tareas como la resolución de problemas matemáticos (Musso et al, 2019), lo cual afectaría el desempeño. Igualmente, cabe destacar que la motivación sobre las tareas varía según la cultura de cada país (Elköf & Nyroos, 2013). Estas diferencias deben atribuirse no a diferencias en aptitud, sino a las actitudes que los individuos de ambos sexos toman frente al aprendizaje.

Los resultados en las diferentes fases de la resolución de problemas complejos indican que los hombres presentan un mejor desempeño comparados con las mujeres. En general, este resultado es consistente con lo hallado en las pruebas PISA (OECD, 2013): los estudiantes hombres puntúan más alto en la resolución de problemas que las mujeres. Si bien existe poca literatura científica que aborde las diferencias en resolución de problemas entre hombres y mujeres (Hyde, 2005; Wustenberg et al., 2014), estos resultados son consistentes con las diferencias que se dan en algunos test de capacidad de memoria de trabajo (Musso et al, 2019) y otros test de habilidades cognitivas (Guo et al, 2015). Además, es importante tener en cuenta que los hombres usan en mayor medida tecnologías de comunicación y habilidades de resolución de problemas en los ambientes laborales (OCDE, 2015).

En lo que se refiere a las diferencias en la memoria de trabajo, perseverancia y RPC según el nivel educativo de los padres, los estudiantes cuyo padre tiene un nivel educativo superior, también presentan un mejor nivel en todas estas variables, comparados con los estudiantes con padres de nivel secundario de escolaridad. Estos resultados se encuentran en línea con estudios previos en los que se ha encontrado un efecto del nivel educativo de los padres tanto sobre el desempeño como la motivación de los estudiantes (Caldas & Bankson, 2007). Si los estudiantes perciben apoyo por parte de los padres y participación en su progreso académico, tienden a lograr un mejor

desempeño académico comparados con los estudiantes que no perciben esto (De Planty, Coulter – Kenn & Duchane, 2010).

Las diferencias halladas entre diferentes áreas disciplinares indican que los estudiantes de Informática tienen un mejor nivel de memoria de trabajo, apertura a la RPC y por lo tanto, mejor desempeño en las tres fases de RPC. Estudiantes de Ciencias Sociales presentan el menor nivel de apertura y de desempeño en RPC, y junto con Ciencias Naturales tienen un bajo nivel de memoria de trabajo. Esto es consistente con los estudios de Greiff y colaboradores (2013) en los cuales la resolución de problemas fue un predictor del desempeño en el área de Ciencias Naturales, pero no así en las Ciencias Sociales. El área de Informática demanda un mayor nivel de razonamiento abstracto y aplicación de conocimientos matemáticos, por lo que, los estudiantes que eligen disciplinas afines presentarían competencias cognitivas y autoeficacia para este tipo de situaciones problemáticas complejas.

**En conclusión, el grupo de estudiantes con padres que tenían una formación de educación superior, presentaron un mejor desempeño en la RPC. Por otro lado, quienes vienen del área de informática también se desempeñan mejor. Estos resultados aportan evidencia a la hipótesis acerca de la importancia del entorno familiar, un modo de crianza y/o instrucción donde se facilitó la exposición a situaciones problemáticas y a su resolución.**

### **Perfiles cognitivos, motivacionales y RPC: correlaciones**

Continuando con el objetivo donde se analizan las relaciones entre el perfil cognitivo, variables motivacionales y resolución de problemas complejos, se encontró

que la memoria de trabajo fue el principal proceso cognitivo correlacionado con variables motivacionales, y las tres fases de resolución. Si bien es un constructo que explica parte de la varianza de los resultados académicos por sobre la inteligencia, ambas poseen correlaciones muy altas (Kretzschmar et al, 2016), y a su vez, la inteligencia posee correlaciones altas con la memoria de trabajo (Heitz et al., 2006; Unsworth et al., 2005). El planificar con antelación el desafío que plantea una tarea, el poder explorar las conexiones entre los elementos que la componen, y la capacidad de aplicar lo aprendido resolver una tarea, implica una alta capacidad de abstracción que se pone en juego en las tres fases de RPC. Esta capacidad de abstracción depende fundamentalmente de la memoria de trabajo, la cual permite mantener una representación mental activa de la meta y organizar la información (Hofmann et al., 2012; Kruglanski, et al., 2002; Miller & Cohen, 2001), mantener un control en dirección a la meta determinada evitando la interferencia (Kavanagh, Andrade & May, 2005; Knudsen, 2007; Unsworth, et al., 2004; Dreisbach & Haider, 2009) explorar la situación, desarrollar una estrategia y aplicarla para llegar a la meta. Una mayor capacidad para mantener varios ítems a la vez que se procesa información en la memoria de trabajo, implica una mayor flexibilidad a la hora de explorar y aplicar lo aprendido a un sistema desconocido. A su vez, la memoria de trabajo contribuye con la regulación de los impulsos y las emociones (Wranik, Barrett & Salovey, 2007).

La apertura a la resolución de problemas complejos también correlacionó positivamente con las tres fases de la resolución de problemas. Esta actitud de apertura refleja la curiosidad del estudiante para entablar una tarea nueva, comprometiéndose con la misma. De esta manera, se puede pensar que un estudiante con altos niveles de apertura a problemas complejos y su resolución, se sentirá más motivado y esto podría estar relacionado con su autoeficacia. Estudios previos encontraron correlaciones entre

la autoeficacia y el desempeño en las tareas académicas (Bandura, 1977; Bong, 2012; Pajares & Schunk, 2001), señalando la importancia de las creencias positivas de los estudiantes en el desempeño en una tarea y el desempeño real que obtenían.

**En síntesis, sobre el objetivo número cuatro, la memoria de trabajo y la apertura a la resolución de problemas complejos mostraron correlaciones positivas con las tres fases de resolución de problemas complejos. La memoria de trabajo podría relacionarse debido a su importante papel en la solución de problemas, siendo el módulo principal del procesamiento de datos de una tarea determinada. Por otro lado, la apertura a la resolución de problemas complejos se relaciona positivamente con la RPC debido a que se refiere a una actitud positiva que motiva a realizar tareas que contengan estos tipos de problemas, y donde el estudiante disfruta de esta actividad. Por esto, la hipótesis planteada fue corroborada parcialmente.**

### **Perfiles cognitivos, motivación y RPC: efectos e interacciones**

En base a las correlaciones obtenidas, se organizaron grupos de perfiles cognitivos (memoria de trabajo + redes atencionales), con las variables motivacionales (perseverancia y apertura) y se analizó la interacción de estas sobre las tres fases de resolución de problemas complejos. El perfil cognitivo mostró tener un efecto significativo tanto en la fase de adquisición de conocimientos como en la de aplicación del mismo para resolver un problema complejo, aunque el tamaño del efecto fue bajo. Específicamente en ambos casos, los grupos con un perfil cognitivo con alta memoria de trabajo y una baja atención, resultaron favorecidos en contraste con los estudiantes que tenían una alta atención y una baja memoria de trabajo. Esto destaca el importante

papel de la memoria de trabajo en la resolución de problemas, y es consistente con estudios previos en los que se demostró su rol en tareas de comprensión, y en actividades académicas (Engle & Kane, 2004; Gathercole, Pickering, Knight, & Stegmann, 2004; Kyndt, Musso, Cascallar & Dochy, 2015; Musso, Kyndt, Cascallar & Dochy, 2012, 2013; Musso et al., 2019; Riding, Grimley, Dahraei & Banner, 2003). Nuevamente se hace evidente la importancia de la memoria de trabajo en el mantenimiento de una cantidad de elementos en fácil acceso mientras se explora un sistema desconocido, para luego aplicarlo en la resolución correcta de ese sistema. Los individuos con una capacidad de memoria de trabajo más alta, pudieron resolver mejor los problemas planteados por las tareas de resolución de problemas complejos, coincidiendo con estudios anteriores que demuestran el papel de la memoria de trabajo en tareas de alta demanda cognitiva (Musso et al, 2013; Engle, 2002; Hofmann et al., 2012). A su vez, estudios anteriores también muestran la correlación entre una alta memoria de trabajo y el mejor diseño de una estrategia (McNamara & Scott, 2001). Por otro lado, también se ve como los individuos con una memoria de trabajo baja, pueden suplantar las tareas con una atención ejecutiva alta, superando así a los participantes con baja memoria de trabajo y baja memoria ejecutiva.

Por otro lado, se encontró una interacción significativa entre el perfil cognitivo y la apertura a la resolución de problemas complejos sobre la fase de adquisición del conocimiento, teniendo un moderado tamaño del efecto (ambas variables explican alrededor de un 25% de la variancia de adquisición). En este caso se observa que la apertura a la RPC tiene un efecto positivo en estudiantes con baja atención ejecutiva, independientemente del nivel de memoria de trabajo. Este hallazgo no es consistente con estudios previos donde las variables motivacionales (específicamente la autoeficacia) posibilitaban un mejor desempeño solamente cuando la memoria de

trabajo o la atención ejecutiva era alta (Musso et al., 2019). Estudios previos (Bandura, 1991; Locke & Latham, 1990), muestran la importancia de las variables motivacionales, ya que son las que marcan cuanto esfuerzo se debe poner en una tarea. Similares resultados fueron encontrados por las evaluaciones PISA 2012, donde los altos índices de desempeño en matemática y en resolución de problemas se correlacionaron con altos niveles de apertura a la resolución de problemas, considerada un indicador del impulso y la motivación (OECD, 2013). Las medidas de motivación son un importante estimulante en situaciones donde los estudiantes encuentran grandes desafíos cognitivos, y no solamente en evaluaciones académicas (OECD, 2013).

**Como síntesis del objetivo número cinco, la memoria de trabajo resultó ser la variable que más impacto tuvo en la dos de las tres fases de la resolución de problemas complejos. A su vez, el grupo con alta memoria de trabajo y baja atención ejecutiva obtuvo un mejor desempeño en la tarea de resolución de problemas que el grupo de baja memoria de trabajo y alta atención ejecutiva. Esto, nuevamente, reafirma el papel protagónico de la memoria de trabajo. Por otro lado, la interacción con la apertura a la resolución de problemas complejos muestra nuevamente la importancia de las variables motivacionales en conjunción con las cognitivas para alcanzar el máximo desempeño en las tareas. La perseverancia no mostró tener efecto sobre la RPC. Por esto, las hipótesis sobre las interacciones no fueron validadas.**

### **Modelos de ecuaciones estructurales**

Antes de realizar los modelos de ecuaciones estructurales, se llevó a cabo un análisis factorial exploratorio con ítems de perseverancia y apertura a la resolución de

problemas con el fin de poner a prueba un modelo unifactorial de medida de la actitud frente a la RPC, el cual presentó un buen ajuste y una aceptable confiabilidad interna.

Luego de esto, para analizar las interrelaciones entre todas las variables, se pusieron a prueba dos modelos de ecuaciones estructurales. En primer lugar, se utilizaron sin restricciones tanto las variables cognitivas como las variables motivacionales como variables observables, para analizar los efectos directos e indirectos sobre la resolución de problemas complejos, a través de una variable latente. El mismo mostró una varianza del 7%, mostrando efectos directos de la memoria de trabajo y la atención ejecutiva sobre la actitud, y de la actitud y memoria de trabajo sobre la resolución de problemas complejos.

En un segundo modelo, restringiendo los efectos mediadores entre las variables cognitivas y la actitud sobre la resolución de problemas complejos, se realizó un modelo orientado a ver los efectos directos de las variables cognitivas sobre la resolución de problemas complejos. El mismo presentó un buen ajuste, explicando un 5% de la varianza, pero disminuyendo significativamente su ajuste, comparado con el modelo mediado. De esta manera, se observa que la actitud frente a la resolución de problemas complejos (apertura y perseverancia) agregó un 2% a la explicación de la variancia en la RPC. Estos hallazgos son consistentes con los resultados de efectos principales e interacciones, donde las variables motivacionales median la relación entre la memoria de trabajo, las redes atencionales y la resolución de problemas complejos. Como se señaló anteriormente, frente a una situación con una resolución no aparente, las variables motivacionales aportan los recursos necesarios para un mejor desempeño en la resolución del problema presentado. Pero a su vez, hay que destacar el papel de la memoria de trabajo en la resolución de problemas y en las tareas que tienen un alto

impacto cognitivo (Musso et al, 2019). En paralelo a lo señalado por la OCDC (2013), donde en situaciones novedosas la voluntad de los estudiantes a comprometerse en la resolución de la tarea es de vital importancia, los resultados demuestran que se necesita una combinación de recursos cognitivos, y a su vez, recursos motivacionales para un mejor desempeño en las tareas. Es por esto que la propia percepción de tener éxito en la resolución de problemas, de sentirse capaz de resolver este tipo de problemas y de percibirse motivado a hacerlo, son importantes variables a la hora de enfrentar este tipo de situaciones (OECD,2013).

**Sintetizando, para el objetivo sobre la comprobación del modelo teórico a través de análisis de ecuaciones estructurales, se llegó a un ajuste muy satisfactorio para el modelo planteado. En el mismo, se pudo observar el papel de las variables cognitivas, pero como estas son a su vez mediadas por las variables motivacionales, siendo de también de importancia para una correcta resolución de problemas complejos. El modelo teórico propuesto para ser puesto a prueba pudo ser corroborado.**

### **Predictores de la RPC: análisis de regresión lineal múltiple**

Finalmente, en relación al último objetivo, se buscó analizar la contribución de las variables cognitivas y motivacionales en cada una de las fases de resolución de problemas complejos. En este caso, la memoria de trabajo fue el principal predictor de las fases de RPC siendo solamente en el caso de la fase de estrategia, la apertura a la resolución de problemas también un predictor. Nuevamente, la memoria de trabajo tiene un papel central en la RPC. Esto se observa a través de toda la bibliografía, donde en cada tarea desde solucionar problemas (Funke, Fischer & Holt, 2017) o manejar un auto

(Louie, 2018), la memoria de trabajo cumple la función de mantenimiento de la información, vital para el alto desempeño en cualquier tarea compleja (Engle, 2018). A su vez, esto se puede explicar por las diferencias funcionales entre la atención ejecutiva y la memoria de trabajo, que por más que sean procesos parcialmente solapados (Engle, 2018), la memoria de trabajo posee un rol en el mantenimiento de la información relevante y recuperación de información de la memoria inactiva. Esto es similar a estudios previos que observaron el papel de la memoria de trabajo sobre tareas académicas, sin importar el papel de la atención ejecutiva (Engle & Kane, 2004). Por otro lado, la apertura a la resolución de problemas complejos podría contribuir a la predisposición y/o actitud positiva para la elaboración de una estrategia, pero no sería suficiente para explorar, mantener y aplicar eficazmente el conocimiento en la resolución del problema.

**Para concluir, se encontró que la memoria de trabajo fue el mayor predictor de las tres fases de resolución de problemas complejos. Esto comprueba parcialmente la hipótesis planteada, debido a que solamente fue la memoria de trabajo la variable cognitiva que contribuyó en la predicción de las tres fases. Además, las redes atencionales y la perseverancia no tuvieron efecto en la predicción de las redes, siendo solamente la apertura en la fase de estrategia un predictor importante.**

## Conclusiones

El presente trabajo tuvo como objetivo general analizar las interrelaciones y las interacciones entre la memoria de trabajo, las redes atencionales, la perseverancia y la apertura a la resolución de problemas, sobre las distintas fases de la resolución de problemas (estrategia, adquisición del conocimiento y aplicación del conocimiento). Para estudiar esto, se trabajó con una muestra de 215 estudiantes universitarios. A través de los análisis presentados, se encontró evidencia acerca de la importancia crucial, tanto de las variables cognitivas como de las motivacionales, en el desempeño en la resolución de problemas complejos, siendo especialmente destacado el papel de la capacidad de memoria de trabajo y de la apertura a la resolución de problemas complejos.

Se encontraron diferencias significativas a favor de los hombres con respecto a las mujeres en lo referente a las variables cognitivas y en la RPC.

Por otro lado, la memoria de trabajo, junto con la apertura a la resolución de problemas complejos, mostró correlaciones positivas con las fases de RPC. Esto es debido al importante rol que cumple la memoria de trabajo en las tareas con demanda cognitiva. Por otro lado, las variables motivacionales cumplen un papel importante en el desempeño en tareas de RPC, dado que predispondrían al estudiante a hacer un máximo aprovechamiento de los recursos cognitivos disponibles, y a un uso de mayor eficiencia y estratégica de los mismos.

A su vez, la memoria de trabajo mostró ser el mayor predictor de las fases de resolución de problemas, demostrando nuevamente el importante papel que tienen en las tareas cognitivas y en concordancia con los estudios previos.

Además, el modelo teórico a poner a prueba pudo ser corroborado, observando por un lado, los efectos directos de la memoria de trabajo y la actitud sobre la RPC (no así la atención ejecutiva) y los efectos mediados, tanto de este proceso como de la atención ejecutiva, por la actitud frente a la RPC.

En conclusión, el presente estudio aportó más evidencia acerca de la participación de la memoria de trabajo y variables motivacionales en la resolución de problemas complejos. La RPC es de vital importancia para la formación de profesionales que se desenvolverán en un contexto de constante cambio y dinamismo como es el siglo XXI. Los estudiantes que tengan la capacidad de utilizar los conocimientos y las herramientas aprendidas en el Universidad y generalizarlas a diferentes contextos, son los estudiantes que podrán hacer una diferencia en sus trabajos y en la sociedad.

En los futuros años, la tecnología hará que estos perfiles sean cada vez más necesarios y requeridos en diferentes áreas, siendo entonces de vital importancia la correcta formación de estudiantes que puedan cumplir y adaptarse a estas necesidades.

## **Limitaciones, implicancias y recomendaciones**

La presente investigación contó con una serie de limitaciones. Una de ellas fue el bajo número de sujetos dada la cantidad de variables analizadas, lo que dificultó la realización de análisis estadísticos más robustos, o para la generalización de los modelos de ecuaciones estructurales en una muestra más grande; esto afectó los tamaños de efectos encontrados. Aumentar el número de universidades y estudiantes de diferentes ámbitos puede aportar a que los análisis puedan ser más robustos.

A su vez, próximos estudios deberían realizar análisis longitudinales para comprender la evolución de la RPC a lo largo del desarrollo y el aprendizaje de estos procesos desde la escolaridad primaria. Además, mediciones en la adolescencia con los cambios típicos de este ciclo vital, pueden ser importantes para ver los cambios que se presentan en los estudiantes en las variables motivacionales y en como encaran la resolución de problemas complejos.

También esta investigación utilizó medidas de autoreporte para evaluar las variables motivacionales, las cuales cuentan con problemas de medición intrínsecos a su utilización. Estudios futuros podrían medir las variables motivacionales dentro del proceso de RPC, midiendo las fases de resolución de problemas junto a variables motivacionales.

Por otro lado, y como se pudo observar, no solo las variables cognitivas son importantes para el desempeño de los estudiantes en la resolución de problemas. Específicamente, una actitud de apertura a resolver este tipo de problemas podría ser reforzada por parte de los docentes. Ellos son importantes referentes para la motivación de los estudiantes y para que estos puedan afrontar los problemas complejos con dedicación (PISA 2012). La enseñanza de contenidos disciplinares a través de la

aplicación a problemas reales del contexto que implique además un entrenamiento sistemático del uso de estrategias, puede motivar a los estudiantes a una actitud positiva frente a este tipo de problemas, y a su vez, a utilizar eficazmente sus recursos cognitivos en pos de una meta. A su vez, los profesores pueden ayudar a los alumnos a aprender de los errores que cometieron, fomentando también estas características motivacionales.

Teniendo en cuenta recomendaciones de la OECD a través de las pruebas PISA, se debe tener en cuenta la igualdad de oportunidades tanto para hombres como para mujeres en cuanto a proporcionar ámbitos de aplicación igualitarios en el mundo real para la RPC.

La resolución de problemas complejos es una de las habilidades que más se utiliza y se seguirá utilizando en la cotidianeidad del Siglo XXI. Desde la utilización de un nuevo dispositivo o una nueva aplicación, hasta los problemas con que el ser humano se enfrenta diariamente son de un contexto poco transparente, el cual obliga y empuja a dilucidar los entramados subyacentes que estos problemas presentan. En los estudiantes esta habilidad es fundamental, debido a que ellos se están preparando para enfrentarse a problemas que exigen la selección e integración de información para aplicarlos y hallar una solución creativa y eficiente de los mismos. Para los requisitos de este nuevo siglo, se deben implementar mediciones en tiempo real sobre estas competencias tan nuevas y buscadas, complementando las clásicas formas de evaluación como lo son las pruebas de contenido de lápiz y papel.

## Referencias bibliográficas

- Anderson, J. R. (1983). *The structure of cognition*. L.: Oxf. UP.
- Anderson, J. R. (1993). *Proposal to Use Rational Analysis to Design an Architecture for Learning and Problem Solving*. CARNEGIE-MELLON UNIV PITTSBURGH PA.
- Anderson, J. R., Reder, L. M., & Lebiere, C. (1996). Working memory: Activation limitations on retrieval. *Cognitive psychology*, 30(3), 221-256.
- Anderson, J. R., & Lebiere, C. (2003). The Newell test for a theory of mind. *Behavioral and Brain Sciences*, 26(5), 587-639.
- Anderson, J. R., Bothell, D., Byrne, M. D., Douglass, S., Lebiere, C., & Qin, Y. (2004). An integrated theory of the mind. *Psychological review*, 111(4), 1036.
- Anderson, J. R. (2007). Using brain imaging to guide the development of a cognitive architecture. *Integrated models of cognitive systems*, 49-62.
- Anderson, J. R. (2008). A Connectionist Implementation of the ACT-R Production System.
- Anderson, J. R., Fincham, J. M., Qin, Y., & Stocco, A. (2008). A central circuit of the mind. *Trends in cognitive sciences*, 12(4), 136-143.
- Anzai, Y., & Simon, H. A. (1979). The theory of learning by doing. *Psychological review*, 86(2), 124.
- Autor, D. H., Levy, F., & Murnane, R. J. (2003). The skill content of recent technological change: An empirical exploration. *The Quarterly journal of economics*, 118(4), 1279-1333.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47-89). Academic press.

- Baddeley, A. (1996). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 49(1), 5-28.
- Baddeley, A., Gathercole, S., & Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological review*, 105(1), 158.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory?. *Trends in cognitive sciences*, 4(11), 417-423.
- Baddeley, A. (2012). Working memory: theories, models, and controversies. *Annual review of psychology*, 63, 1-29.
- Badke-Schaub, P. (1993). *Gruppen und komplexe Probleme: Strategien von Kleingruppen bei der Bearbeitung einer simulierten Aids-Ausbreitung* [Groups and complex problems: Strategies of small groups working with a simulated Aids epidemic]. Frankfurt: Peter Lang
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological review*, 84(2), 191.
- Bandura, A. (1991). Social cognitive theory of self-regulation. *Organizational behavior and human decision processes*, 50(2), 248-287.
- Barrett, L. F., Tugade, M. M., & Engle, R. W. (2004). Individual differences in working memory capacity and dual-process theories of the mind. *Psychological bulletin*, 130(4), 553.
- Battle, E. S. (1965). Motivational determinants of academic task persistence. *Journal of Personality and Social Psychology*, 2(2), 209.
- Beaman, C. P. (2010). Working memory and working attention: What could possibly evolve?. *Current Anthropology*, 51(S1), S27-S38.

- Beckmann, N., Beckmann, J. F., & Elliott, J. G. (2009). Self-confidence and performance goal orientation interactively predict performance in a reasoning test with accuracy feedback. *Learning and Individual Differences*, 19(2), 277-282.
- Beaty, R. E., Benedek, M., Wilkins, R. W., Jauk, E., Fink, A., Silvia, P. J., ... & Neubauer, A. C. (2014). Creativity and the default network: A functional connectivity analysis of the creative brain at rest. *Neuropsychologia*, 64, 92-98.
- Beilock, S. L., & Carr, T. H. (2005). When high-powered people fail: Working memory and “choking under pressure” in math. *Psychological science*, 16(2), 101-105.
- Bell, B. S., & Kozlowski, S. W. (2002). A typology of virtual teams: Implications for effective leadership. *Group & Organization Management*, 27(1), 14-49.
- Bennet, R. E., & Gitomer, D. H. (2009). Transforming K-12 Assessment: Integrating Accountability Testing, Formative Assessment and Professional Support In C. Wyatt-Smith & JJ
- Berry, D.C., & Broadbent, D. E. (1984). On the relationship between task performance and associated verbalizable knowledge. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36A, 209-231. doi.org/10.1080/14640748408402156
- Berry, D. C., & Broadbent, D. E. (1987). The combination of explicit and implicit learning processes in task control. *Psychological research*, 49(1), 7-15.
- Bhaskar, R., & Simon, H. A. (1977). Problem solving in semantically rich domains: An example from engineering thermodynamics. *Cognitive science*, 1(2), 193-215.
- Blech, C., & Funke, J. (2006). Zur Reaktivität von Kausaldiagramm-Analysen beim komplexen Problemlösen. *Zeitschrift für Psychologie/Journal of Psychology*, 214(4), 185-195.
- Bong, M. (2012). Age-related differences in achievement goal differentiation. *Encyclopedia of the Sciences of Learning*, 190-192.

- Bomia, L., Beluzo, L., Demeester, D., Elander, K., Johnson, M., & Sheldon, B. (1997). The Impact of Teaching Strategies on Intrinsic Motivation.
- Bothell, D., Anderson, J. R., Byrne, M. D., Lebiere, C., & Taatgen, N. A. (2004). ACT-R 6 Proposals. *Onlinedokument [02.02. 2008]: <http://actr.psy.cmu.edu/act-r6/ACT-R6proposal.pdf>.*
- Bradshaw, J. L., Nathan, G., Nettleton, N. C., Pierson, J. M., & Wilson, L. E. (1983). Head and body hemispace to left and right III: Vibrotactile stimulation and sensory and motor components. *Perception*, 12(6), 651-661.
- Brehmer, B. (1987). Systems design and the psychology of complex systems. In *Empirical foundations of information and software science III* (pp. 21-32). Springer, Boston, MA.
- Brehmer, B., & Allard R. (1991). Real-time dynamic decision making: Effects of task complexity and feedback delays. In J. Rasmussen, B. Brehmer, & J. Leplat (Eds.), *Distributed decision making: Cognitive models for cooperative work* (pp. 319-334). Chichester: Wiley
- Brehmer, B., & Dörner, D. (1993). Experiments with computer-simulated microworlds: Escaping both the narrow straits of the laboratory and the deep blue sea of the field study. *Computers in Human Behavior*, 9(2-3), 171-184.
- Brehmer, B. (2007). Reasonable decision making in complex environments. In *Judgment and Decision Making* (pp. 17-30). Psychology Press.
- Broadbent, D. E. (1977). The hidden preattentive processes. *American Psychologist*, 32(2), 109.

- Broadway, J. M., & Engle, R. W. (2010). Validating running memory span: Measurement of working memory capacity and links with fluid intelligence. *Behavior Research Methods*, 42, 563-570. doi.org/10.3758/BRM.42.2.563
- Brooks, F. P. (1962). Architectural philosophy. *Planning a Computer System-Project Stretch*, 5-16.
- Bryson, M., Bereiter, C., Scardamalia, M., & Joram, E. (1991). Going beyond the problem as given: Problem solving in expert and novice writers. *Complex problem solving: Principles and mechanisms*, 61, 84.
- Buchner, A. & Funke, J. (1993). Finite state automata: Dynamic task environments in problem solving research. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46A, 83-118. doi.org/10.1080/14640749308401068
- Bush, G., Luu, P., & Posner, M. I. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends in cognitive sciences*, 4(6), 215-222.
- Byrne, B. (2010). *Structural equation modeling with AMOS: Basic concepts, applications, and programming*. Nueva York: Routledge.
- Caldas, S.J., Bankston, C.L., 1997. The effect of school population socioeconomic status on individual student academic achievement. *Journal of Educational Research* 90, 269–277.
- Calvillo, D. P. (2012). Working memory and the memory distortion component of hindsight bias. *Memory*, 20(8), 891-898.
- Chai, W. J., Abd Hamid, A. I., & Abdullah, J. M. (2018). Working memory from the psychological and neurosciences perspectives: A review. *Frontiers in psychology*, 9, 401.
- Chein, J. M., Moore, A. B., & Conway, A. R. (2011). Domain-general mechanisms of complex working memory span. *Neuroimage*, 54(1), 550-559.

- Clarkson-Smith, L., & Hartley, A. A. (1990). Structural equation models of relationships between exercise and cognitive abilities. *Psychology and Aging, 5*(3), 437.
- Conway, A. R., Cowan, N., & Bunting, M. F. (2001). The cocktail party phenomenon revisited: The importance of working memory capacity. *Psychonomic bulletin & review, 8*(2), 331-335.
- Conway, A. R., & Kane, M. J. (2001). Capacity, control and conflict: An individual differences perspective on attentional capture. *Attraction, distraction and action: Multiple perspectives on attention capture, 133*, 349-372.
- Conway, A. R., Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working memory capacity and its relation to general intelligence. *Trends in cognitive sciences, 7*(12), 547-552.
- Cowan, N., Elliott, E. M., Saults, J. S., Morey, C. C., Mattox, S., Hismjatullina, A., & Conway, A. R. (2005). On the capacity of attention: Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. *Cognitive psychology, 51*(1), 42-100.
- Cowan, N. (2011). The focus of attention as observed in visual working memory tasks: Making sense of competing claims. *Neuropsychologia, 49*(6), 1401-1406.
- Cumming. *Educational Assessment in the 21st Century: Connecting Theory and Practice. London: Springer.*
- Cunningham, A. E., & Stanovich, K. E. (1991). Tracking the unique effects of print exposure in children: Associations with vocabulary, general knowledge, and spelling. *Journal of educational psychology, 83*(2), 264.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of verbal learning and verbal behavior, 19*(4), 450-466.

- Daneman, M., & Merikle, P. M. (1996). Working memory and language comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic bulletin & review*, 3(4), 422-433.
- Danner, D., Hagemann, D., Holt, D.V., Bechthold, M., Schankin, A., Wüstenberg, S., & Funke, J. (2011). Measuring performance in a Complex Problem Solving task: Reliability and validity of the Tailorshop simulation. *Journal of Individual Differences*, 32, 225-233. doi.org/10.1027/1614-0001/a000055
- Darolia, R. (2014). Working (and studying) day and night: Heterogeneous effects of working on the academic performance of full-time and part-time students. *Economics of Education Review*, 38, 38-50.
- Daw, N. D., O'doherty, J. P., Dayan, P., Seymour, B., & Dolan, R. J. (2006). Cortical substrates for exploratory decisions in humans. *Nature*, 441(7095), 876.
- Dempster, F.N. (1981) Memory span: sources of individual and developmental differences. *Psychol. Bull.*, 89: 63-100.
- DePlanty J, Coulter-Kern R, Duchane KA 2007. Perceptions of parent involvement in academic achievement (report). *Journal of Educational Research*, 361–368
- Dörner, D. (1975). Wie Menschen eine Welt verbessern wollen und sie dabei zerstören.
- Dörner, D., & Reither, F. (1978). Über das Problemlösen in sehr komplexen Realitätsbereichen.
- Dörner, D. (1980). On the difficulties people have in dealing with complexity. *Simulation & Games*, 11(1), 87-106.
- Dörner, D., Kreuzig, H. W., Reither, F., & Stäudel, T. (1983). Lohhausen: Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität.
- Dörner, D. (1986). Diagnostik der operativen Intelligenz [Assessment of operative intelligence]. *Diagnostica*, 32(4), 290-308.

- Dörner, D. (1989). Die Logik des Misslingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen [Logic of failure. Strategic thinking in complex situations]. Hamburg: Rowohlt.
- Dreisbach, G., & Haider, H. (2009). How task representations guide attention: further evidence for the shielding function of task sets. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35(2), 477.
- Duckworth, A. L., Peterson, C., Matthews, M. D., & Kelly, D. R. (2007). Grit: perseverance and passion for long-term goals. *Journal of personality and social psychology*, 92(6), 1087
- Dunlosky, J., & Kane, M. J. (2007). The contributions of strategy use to working memory span: A comparison of strategy assessment methods. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 60(9), 1227-1245.
- Dunlosky, J., & Thiede, K. W. (2004). Causes and constraints of the shift-to-easier-materials effect in the control of study. *Memory & Cognition*, 32(5), 779-788.
- Dunning, D. L., & Holmes, J. (2014). Does working memory training promote the use of strategies on untrained working memory tasks? *Memory & cognition*, 42(6), 854-862.
- Eklöf, H. (2006). Test-taking motivation on low-stakes tests: A Swedish TIMSS 2003 example. In *The Second IEA International Research Conference* (Vol. 1, p. 135).
- Eklöf, H., & Nyroos, M. (2013). Pupil perceptions of national tests in science: perceived importance, invested effort, and test anxiety. *European journal of psychology of education*, 28(2), 497-510.
- Engle, R. W., Carullo, J. J., & Collins, K. W. (1991). Individual differences in working memory for comprehension and following directions. *The Journal of Educational Research*, 84(5), 253-262.

- Engle, R. W., Kane, M. J., & Tuholski, S. W. (1999). Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence, and functions of the prefrontal cortex.
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., & Conway, A. R. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: a latent-variable approach. *Journal of experimental psychology: General*, *128*(3), 309.
- Engle, R. W. (2001). What is working memory capacity. *The nature of remembering: Essays in honor of Robert G. Crowder*, 297-314.
- Engle, R. W. (2002). Working memory capacity as executive attention. *Current directions in psychological science*, *11*(1), 19-23.
- Engle, R. W. (2010). Role of working-memory capacity in cognitive control. *Current anthropology*, *51*(S1), S17-S26.
- Engle, R. W. (2018). Working memory and executive attention: A revisit. *Perspectives on Psychological Science*, *13*(2), 190-193.
- Embretson, S. E. & Reise, S. (2000). Item response theory for psychologists. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Fan, J., McCandliss, B. D., Summer, T., Raz, A., & Posner, M.I. (2002). Testing the efficiency and independence of attentional networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *14*(3), 340-347. doi.org/10.1162/089892902317361886
- Fan, J., Raz, A., & Posner, M. I. (2003). Attentional mechanisms.
- Fan, J., McCandliss, B. D., Fossella, J., Flombaum, J. I., & Posner, M. I. (2005). The activation of attentional networks. *Neuroimage*, *26*(2), 471-479.

- Fernandez-Duque, D., & Posner, M. I. (2001). Brain imaging of attentional networks in normal and pathological states. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 23(1), 74-93.
- Fiedler, K. (2001). Affective states trigger processes of assimilation and accommodation.
- Fischer, A., Greiff, S., & Funke, J. (2012). The process of solving complex problems. *Journal of Problem Solving (The)*, 4, 19-42. doi.org/10.7771/1932-6246.1118
- Foster, J. L., Harrison, T. L., Hicks, K. L., Draheim, C., Redick, T. S., & Engle, R. W. (2017). Do the effects of working memory training depend on baseline ability level?. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 43(11), 1677.
- Frensch, P. A., & Funke, J. (Eds.). (1995). Complex problem solving: The European perspective. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum
- Funes, M. J., & Lupiáñez, J. (2003). La teoría atencional de Posner: una tarea para medir las funciones atencionales de Orientación, Alerta y Control Cognitivo y la interacción entre ellas. *Psicothema*, 15(2).
- Funke, J. (1985). Problemlösen in komplexen computersimulierten Realitätsbereichen. *Sprache & Kognition*, 4, 113-129.
- Funke, J. (1986). Dynamische Systeme in der Kognitionsforschung. In M. Amelang (Hrsg.), *Bericht über den 35. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in Heidelberg 1986* (p.206). Göttingen: Hogrefe
- Funke, J. (1988). Using simulation to study complex problem solving: A review of studies in the FRG. *Simulation & Games*, 19(3), 277-303

- Funke, J. (1991). Solving complex problems: Human identification and control of complex systems. In R. J. Sternberg & P. A. Frensch (Eds.), *Complex problem solving: Principles and mechanisms* (pp. 185-222). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Funke, J. (1995). Experimental research on complex problem solving. In P.A.
- Funke, J., & Frensch, P. (1995). Complex problem solving research in North America and Europe: An integrative review. *Foreign Psychology*, 5, 42-47.
- Funke, J. (2001). Dynamic systems as tools for analysing human judgement. *Thinking and Reasoning*, 7, 69-89. doi.org/10.1080/13546780042000046
- Funke, J., & Frensch, P. A. (2007). Complex problem solving: The European perspective - 10 years after. In D. H. Jonassen (Ed.), *Learning to solve complex scientific problems* (pp. 25-47). New York: Lawrence Erlbaum.
- Funke, J. (2011). Problemlösen. In K. H. Horn, H. Kemnitz, W. Marotzki & U. Sandfuchs (Eds.), *Klinkhardt Lexikon Erziehungswissenschaft* (p. 497). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Funke, J., Fischer, A., & Holt, D. (2017). When less is less: solving multiple simple problems is not complex problem solving—A comment on Greiff et al. (2015).
- Funke (Eds.), *Complex problem solving: The European perspective* (pp. 243–268). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Knight, C., & Stegmann, Z. (2004). Working memory skills and educational attainment: Evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition*, 18(1), 1-16.
- Gediga, G., Schöttke, H., & Tücke, M. (1983). Problem solving in a complex situation. *Archiv fur Psychologie*, 135(4), 325-339.

- Gluth, S., Rieskamp, J., & Büchel, C. (2012). Deciding when to decide: Time-variant sequential sampling models explain the emergence of value-based decisions in the human brain. *Journal of Neuroscience*, 32(31), 10686-10698.
- Greiff, S., & Funke, J. (2009). Measuring Complex Problem Solving - The MicroDYN approach. In F., Scheuermann & J., Björnsson (Eds.), *The Transition to Computer-Based Assessment. Lessons learned from large-scale surveys and implications for testing* (pp. 157-163). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Greiff, S. (2012). From Interactive to Collaborative Problem Solving: Current issues in the Programme for International Student Assessment. *Review of Psychology = Przegląd psychologiczny : kwartalnik*, 19, 111-121.
- Greiff, S., Wüstenberg, S., & Funke, J. (2012). Dynamic problem solving: A new measurement perspective. *Applied Psychological Measurement*, 36(3), 189–213.
- Greiff, S. (2013). Assessment and theory in Complex Problem Solving. A continuing contradiction? *Journal of Educational and Developmental Psychology*, 2, 49-56.
- Greiff, S., & Fischer, A. (2013). Measuring Complex Problem Solving: An educational application of psychological theories. *Journal for Educational Research Online = Journal für Bildungsforschung Online*, 5, 34-53.
- Greiff, S., Fischer, A., Wüstenberg, S., Sonnleitner, P., Brunner, M., & Martin, R. (2013). A multitrait-multimethod study of assessment instruments for Complex Problem Solving. *Intelligence*, 41, 579-596. doi.org/10.1016/j.intell.2013.07.012
- Greiff, S., Wüstenberg, S., Molnár, G., Fischer, A., Funke, J., & Csapó, B. (2013). Complex problem solving in educational contexts—Something beyond g: Concept, assessment, measurement invariance, and construct validity. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 364.

- Greiff, S., & Neubert, J. C. (2014). On the relation of complex problem solving, personality, fluid intelligence, and academic achievement. *Learning and Individual Differences, 36*, 37-48.
- Greiff, S., Wüstenberg, S., Csapó, B., Demetriou, A., Hautamäki, J., Graesser, A. C., & Martin, R. (2014). Domain-general problem solving skills and education in the 21st century. *Educational Research Review, (13)*, 74-83.
- Greiff, S., Krkovic, K., & Hautamäki, J. (2015). The Prediction of Problem-Solving Assessed Via Microworlds. *European Journal of Psychological Assessment*.
- Greiff, S., Wüstenberg, S., Goetz, T., Vainikainen, M. P., Hautamäki, J., & Bornstein, M. H. (2015). A longitudinal study of higher-order thinking skills: working memory and fluid reasoning in childhood enhance complex problem solving in adolescence. *Frontiers in psychology, 6*, 1060.
- Guo, J., Parker, P. D., Marsh, H. W., & Morin, A. J. (2015). Achievement, motivation, and educational choices: A longitudinal study of expectancy and value using a multiplicative perspective. *Developmental Psychology, 51(8)*, 1163.
- Hambrick, D. Z., Kane, M. J., & Engle, R. W. (2005). The role of working memory in higher-level cognition. *Cognition and intelligence: Identifying the mechanisms of the mind*, 104-121.
- Hambrick, D. Z., Oswald, F. L., Darowski, E. S., Rench, T. A., & Brou, R. (2010). Predictors of multitasking performance in a synthetic work paradigm. *Applied cognitive psychology, 24(8)*, 1149-1167.
- Hamilton, W. (1859). *Lectures on metaphysics and logic (Vol. 1)*. Gould and Lincoln.

- Heitz, R. P., Redick, T. S., Hambrick, D. Z., Kane, M. J., Conway, A. R., & Engle, R. W. (2006). Working memory, executive function, and general fluid intelligence are not the same. *Behavioral and Brain Sciences*, 29(2), 135-136.
- Hegarty, M. (1991). Knowledge and processes in mechanical problem solving. *Complex problem solving: Principles and mechanisms*, 253-285.
- Hegarty, J. R. (1991). Microcomputer Software. *British Journal of Special Education*, 18(3), 114-114.
- Herde, C. N., Wüstenberg, S., & Greiff, S. (2016). Assessment of complex problem solving: what we know and what we don't know. *Applied Measurement in Education*, 29(4), 265-277.
- Hesse, F. W., Spies, K., & LUER, G. (1983). Influence of motivational factors on problems – solving behavior in dealing with complex problems. *Zeitschrift Fur Experimentelle Adgewandte* 30(3), 400-424.
- Hofmann, W., Schmeichel, B.J., Friese, M., Baddeley, A.D., 2011. Working Memory and Self-Regulation. *Handbook of Self-Regulation: Research, Theory, and Applications*, 2nd ed. Guilford Press, New York, pp. 204–225.
- Hoskins, B. & Deakin Crick, R. (2010) Learning to learn and civic competence to sides of the same coin? *European Journal of Education Research*, 45(1).121-137.
- Howe, M. J. A. (1999). *Genius explained*. New York: Cambridge University Press.
- Hübner, R. (1987). Eine naheliegende Fehleinschätzung des Zielabstandes bei der zeitoptimalen Regelung dynamischer Systeme. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 34, 38-53.
- Hyde, J. S. (2005). The gender similarities hypothesis. *American psychologist*, 60(6), 581.

- Ilkowska, M., & Engle, R. W. (2010). Trait and state differences in working memory capacity. In *Handbook of individual differences in cognition* (pp. 295-320). Springer, New York, NY.
- Indonesia, P. I. S. A. (2013). What Students Know and Can Do Student Performance in Mathematics, Reading, and Science. *Tersedia: www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-result-snapshot-Volume-IENG.pdf*. (29 Oktober 2016).
- Isen, A. M. (2001). An influence of positive affect on decision making in complex situations: Theoretical issues with practical implications. *Journal of consumer psychology, 11*(2), 75-85.
- James, W., Burkhardt, F., Bowers, F., & Skrupskelis, I. K. (1890). *The principles of psychology* (Vol. 1, No. 2). London: Macmillan.
- Jarrold, C., & Towse, J. N. (2006). Individual differences in working memory. *Neuroscience, 139*, 39-50. doi.org/10.1016/j.neuroscience.2005.07.002
- Jones, R. M., Laird, J. E., Nielsen, P. E., Coulter, K. J., Kenny, P., & Koss, F. V. (1999). Automated intelligent pilots for combat flight simulation. *AI magazine, 20*(1), 27.
- Kane, M. J., Bleckley, M. K., Conway, A. R., & Engle, R. W. (2001). A controlled-attention view of working-memory capacity. *Journal of experimental psychology: General, 130*(2), 169.
- Kane, M. J., & Engle, R. W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychonomic bulletin & review, 9*(4), 637-671.

- Kane, M. J., Conway, A. R., Hambrick, D. Z., & Engle, R. W. (2007). Variation in working memory capacity as variation in executive attention and control. *Variation in working memory, 1*, 21-48.
- Kadhiravan, S. (2012). Self-regulated learning of adolescents in relation to their achievement motivation. *Journal of Psychosocial Research, 7*(2), 211.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort* (Vol. 1063). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Karmos, A. H., & Karmos, J. S. (1984). Attitudes toward standardized achievement tests and their relation to achievement test performance. *Measurement and Evaluation in Counseling and Development, 17*(2), 56-66.
- Kavanagh, D. J., Andrade, J., & May, J. (2005). Imaginary relish and exquisite torture: the elaborated intrusion theory of desire. *Psychological review, 112*(2), 446.
- Kay, S. (1991). The figural problem solving and problem finding of professional and semiprofessional artists and nonartists. *Creativity Research Journal, 4*(3), 233-252.
- Kieras, D. E., & Meyer, D. E. (1997). An overview of the EPIC architecture for cognition and performance with application to human-computer interaction. *Human-computer interaction, 12*(4), 391-438
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science, 12*, 1-48. doi.org/10.1207/s15516709cog1201\_1.
- Kleider, H. M., Parrott, D. J., & King, T. Z. (2010). Shooting behaviour: How working memory and negative emotionality influence police officer shoot decisions. *Applied Cognitive Psychology, 24*(5), 707-717. doi:10.1002/acp.1580
- Knudsen, E. I. (2007). Fundamental components of attention. *Annu. Rev. Neurosci., 30*, 57-78.

- Kretschmar, A., Neubert, J. C., Wüstenberg, S., & Greiff, S. (2016). Construct validity of complex problem solving: A comprehensive view on different facets of intelligence and school grades. *Intelligence*, 54, 55-69.
- Kolb, B., & Whishaw, I. Q. (1985). Earlier is not always better: behavioral dysfunction and abnormal cerebral morphogenesis following neonatal cortical lesions in the rat. *Behavioural Brain Research*, 17(1), 25-43.
- Kröner, S., Plass, J. L., & Leutner, D. (2005). Intelligence assessment with computer simulations. *Intelligence*, 33(4), 347-368.
- Kruglanski, A. W., Shah, J. Y., Fishbach, A., Friedman, R., Chun, W. Y., & Sleeth-Keppler, D. (2002). A theory of goal systems
- Kyndt, E., Musso, M, Cascallar, E. and Dochy, F. (2015). Predicting academic performance: The role of cognition, motivation and learning approaches. A neural network analysis. In V. Donche, S. De Maeyer, D. Gijbels, & H. van den Bergh (Eds). *Methodological Challenges in Research on Student Learning*. Garant: Antwerp, Belgium.
- Laird, J. E., Newell, A., & Rosenbloom, P. S. (1987). Soar: An architecture for general intelligence. *Artificial intelligence*, 33(1), 1-64.
- Lee, F. J., Anderson, J. R., & Matessa, M. P. (2008). Components of dynamic skill acquisition.
- Leopold, C., & Leutner, D. (2002). Der Einsatz von Lernstrategien in einer konkreten Lernsituation bei Schülern unterschiedlicher Jahrgangsstufen. In *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen* (pp. 240-258).
- Lesgold, A., & Lajoie, S. (1991). Complex problem solving in electronics. *Complex problem solving: Principles and mechanisms*, 287-316.

- Leutner, D., Funke, J., Klieme, E., & Wirth, J. (2005). Problemlösefähigkeit als fächerübergreifende Kompetenz. In *Problemlösekompetenz von Schülerinnen und Schülern* (pp. 11-19). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Leutner, D., Wirth, J., Klieme, E., & Funke, J. (2005). Ansätze zur Operationalisierung und deren Erprobung im Feldtest zu PISA 2000 [Approaches concerning operationalization and their testing in the field test in the context of PISA 2000]. In E. Klieme, D. Leutner & J. Wirth (Eds.), *Problemlösekompetenz von Schülerinnen und Schülern* (pp. 21-36). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Levy, F., & Murnane, R. J. (2003). The skill content of recent technological change: An empirical exploration. *The Quarterly journal of economics*, 118(4), 1279-1333.
- Lilienthal, L., Rose, N. S., Tamez, E., Myerson, J., & Hale, S. (2015). Individuals with low working memory spans show greater interference from irrelevant information because of poor source monitoring, not greater activation. *Memory & cognition*, 43(3), 357-366.
- Lin, W. L., Hsu, K. Y., Chen, H. C., & Wang, J. W. (2012). The relations of gender and personality traits on different creativities: A dual-process theory account. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 6(2), 112.
- Locke, E. A., & Latham, G. P. (1990). *A theory of goal setting & task performance*. Prentice-Hall, Inc.
- Louie, J. (2018). Working Memory Capacity and Executive Attention as Predictors of Distracted Driving.
- Lovett, M. C., & Anderson, J. R. (1996). History of success and current context in problem solving: Combined influences on operator selection. *Cognitive psychology*, 31(2), 168-217.

- Marr, D. (1982). *Vision: a computational investigation into the human representation and processing of visual information*. W. H. WH San Francisco: *Freeman and Company*.
- Maquil, V., Tobias, E., Greiff, S., & Ras, E. (2014, June). Assessment of collaborative problem solving using linear equations on a tangible tabletop. In *International Computer Assisted Assessment Conference* (pp. 59-66). Springer, Cham.
- Matsumoto, K., & Tanaka, K. (2004). Conflict and cognitive control. *Science*, 303(5660), 969-970.
- McCrae, R. R. (1987). Creativity, divergent thinking, and openness to experience. *Journal of personality and social psychology*, 52(6), 1258.
- McNamara, D. S., & Scott, J. L. (2001). Working memory capacity and strategy use. *Memory & cognition*, 29(1), 10-17.
- Meißner, A., Greiff, S., Frischkorn, G. T., & Steinmayr, R. (2016). Predicting complex problem solving and school grades with working memory and ability self-concept. *Learning and Individual Differences*, 49, 323-331.
- Meyer, D. E., & Kieras, D. E. (1997). A computational theory of executive cognitive processes and multiple-task performance: Part I. Basic mechanisms. *Psychological review*, 104(1), 3.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, 63(2), 81.
- Miller, G. A., Galanter, E., & Pribram, K. H. (1960). *Plans and the structure of behavior*.
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual review of neuroscience*, 24(1), 167-202.

- Molnár, G., Greiff, S., & Csapó, B. (2013). Inductive reasoning, domain specific and complex problem solving: Relations and development. *Thinking skills and Creativity*, 9, 35-45.
- Moray, N., Lootsteen, P., & Pajak, J. (1986). Acquisition of process control skills. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 16(4), 497-504.
- Moruzzi, G., & Magoun, H. W. (1949). Brain stem reticular formation and activation of the EEG. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 1(1-4), 455-473.
- Moutafi, J., Furnham, A., & Crump, J. (2006). What facets of openness and conscientiousness predict fluid intelligence score?. *Learning and Individual Differences*, 16(1), 31-42.
- Musso, M. F., Kyndt, E., Cascallar, E. C., & Dochy, F. (2012). Predicting mathematical performance: The effect of cognitive processes and self-regulation factors. *Education Research International*. Vol. 12
- Musso, M. F., Cascallar, E. C., & Murata, C. (2012). Assessment of Working Memory and Attention with computerized tests: a normative study in university students. *X Argentinian Congress of Neuropsychology*, Buenos Aires, Argentina, October, 31, 2012
- Musso, M. F., Costa Lieste, E. G., & Duarte, C. (2012). Procesos cognitivos, estrategias de aprendizaje y competencias: un estudio descriptivo en estudiantes universitarios. *Revista Científica de UCES*, 16(2), 127- 144.
- Musso, M., Kyndt, E., Cascallar, E. (2013). Predicting general academic performance using artificial neural networks: Implications for “early-warning” diagnostic and placement applications. *Annual Meeting American Educational Research*

Association. San Francisco, USA, 27 April - 1 May 2013.  
doi.org/10.1155/2012/250719

Musso, M. F. (2016). Understanding the underpinnings of academic performance: The relationship of basic cognitive processes, self-regulation factors and learning strategies with task characteristics in the assessment and prediction of academic performance (Doctoral dissertation, Doctoral Dissertation, KU Leuven).

Musso, M. F., Boekaerts, M., Segers, M., & Cascallar, E. C. (2019). Individual differences in basic cognitive processes and self-regulated learning: Their interaction effects on math performance. *Learning and Individual Differences, 71*, 58-70.

Newell, A. (1990). Unified theories of cognition. Cambridge, MA: Harvard University Press  
Novakovic-Agopian, T. (1995). Attention system. Dissertation Abstracts International. Sec. B. *The Sciences and Engineering, 55*(7-B), 3037.

Novick, L.R., & Bassok, M. (2005). Problem Solving. In Holyoak, K.J. & Morrison, R.G. (Eds.), *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning* (pp. 321-350). Cambridge: University Press.

Oberauer, K., Schulze, R., Wilhelm, O., & Süß, H.-M. (2005). Working Memory and Intelligence--Their Correlation and Their Relation: Comment on Ackerman, Beier, and Boyle (2005). *Psychological Bulletin, 131*(1), 61-65.

Oberauer, K., Süß, H. M., Wilhelm, O., & Sander, N. (2007). Individual differences in working memory capacity and reasoning ability. *Variation in working memory, 49-75*.

OECD (2010). PISA 2012 assessment and analytical framework: Mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy. Paris: OECD:  
<http://dx.doi.org/10.1787/9789264190511-en>.

- OECD (2013). *PISA 2012 assessment and analytical framework*. Paris: OECD Publishing.  
doi.org/10.1787/9789264190511-en.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2012). Database:  
PISA 2012.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2015). *The ABC of gender equality in education: Aptitude, behaviour, confidence*. OECD Publishing
- Pacheco-Unguetti, A. P., Acosta, A., Callejas, A., & Lupiáñez, J. (2010). Attention and anxiety: Different attentional functioning under state and trait anxiety. *Psychological science*, 21(2), 298-304.
- Pajares, F., & Schunk, D. H. (2001). Self-beliefs and school success: Self-efficacy, self-concept, and school achievement. *Perception*, 11, 239-266.
- Parshall, C. G., Harmes, J. C., Davey, T., & Pashley, P. J. (2009). Innovative items for computerized testing. In *Elements of adaptive testing* (pp. 215-230). Springer, New York, NY.
- Pintrich, P. R. (2004). A conceptual framework for assessing motivation and self-regulated learning in college students. *Educational psychology review*, 16(4), 385-407.
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review Neuroscience*, 13, 25-42. doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325
- Posner, M. I. (1994). Attention: the mechanisms of consciousness. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91(16), 7398-7403
- Posner, M. I., & Raichle, M. E. (1994). *Images of mind*. Scientific American Library/Scientific American Books.
- Posner, M. (2012). Attentional networks and consciousness. *Frontiers in psychology*, 3, 64.
- Preußler, W. (1985). *Über die Bedingungen der Prognose eines bivariaten ökologischen Systems*.

- Putz-Osterloh, W., & Lüer, G. (1981). The predictability of complex problem solving by performance on an intelligence test. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*.
- Putz-Osterloh, W. (1985). Selbstreflexionen, Testintelligenz und interindividuelle Unterschiede bei der Bewältigung komplexer Probleme [Self-reflections, test intelligence and interindividual differences in solving complex problems]. *Sprache & Kognition*, 4, 203-216.
- Putz-Osterloh, W. (1993). Strategies for knowledge acquisition and transfer of knowledge in dynamic tasks. In *Advances in psychology* (Vol. 101, pp. 331-350). North-Holland.
- Quach, D., Mano, K. E. J., & Alexander, K. (2016). A randomized controlled trial examining the effect of mindfulness meditation on working memory capacity in adolescents. *Journal of Adolescent Health*, 58(5), 489-496.
- Qin, Y., Bothell, D., & Anderson, J. R. (2006, December). ACT-R Meets fMRI. In *International Workshop on Web Intelligence Meets Brain Informatics* (pp. 205-222). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Raz, A., & Buhle, J. (2006). Typologies of attentional networks. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(5), 367.
- Redick, T. S., & Engle, R.W. (2006) Working memory capacity and attention network test performance. *Applied Cognitive Psychology*, 20, 713-721. doi.org/10.1002/acp.1224.
- 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*.

- Redick, T. S., Unsworth, N., Kelly, A. J., & Engle, R. W. (2012). Faster, smarter? Working memory capacity and perceptual speed in relation to fluid intelligence. *Journal of Cognitive Psychology*, 24, 844-854.
- Reichert, U., & DÖRNER, D. (1988). Heurismen beim Umgang mit einem " einfachen" dynamischen System im Sprache & Kognition 7.
- Reither, F (1981). About thinking and acting of experts in complex situations. *Simulation and games*, 12, 125 – 140.  
doi.org/10.1177/104687818101200202
- Riding, R. J., Grimley, M., Dahraei, H., & Banner, G. (2003). Cognitive style, working memory and learning behaviour and attainment in school subjects. *British Journal of Educational Psychology*, 73(2), 149-169.
- Roberts, R. D., Schulze, R., Zeidner, M., & Matthews, G. (2005). Understanding, measuring, and applying emotional intelligence: What have we learned? What have we missed. *Emotional intelligence: An international handbook*, 311-341.
- Rosen, V. M., & Engle, R. W. (1997). The role of working memory capacity in retrieval. *Journal of Experimental Psychology: General*, 126(3), 211.
- Rosen, V. M., & Engle, R. W. (1998). Working memory capacity and suppression. *Journal of memory and language*, 39(3), 418-436.
- Rothbart, M. K., & Posner, M. I. (2015). Temperament, attention, and developmental psychopathology. *Developmental Psychopathology: Volume Two: Developmental Neuroscience*, 465-501.
- Rychen, D.S., & Salganik, L.H. (2003). A holistic model of competence. In D. S. Rychen & L.H. Salganik (Eds.), *Key competencies for a successful life and a well-functioning society* (pp. 41–62). Göttingen, Germany: Hogrefe & Huber

- Scherer, R., & Gustafsson, J. E. (2015). Student assessment of teaching as a source of information about aspects of teaching quality in multiple subject domains: An application of multilevel bifactor structural equation modeling. *Frontiers in psychology*, 6, 1550.
- Schweizer, F., Wüstenberg, S., & Greiff, S. (2013). Validity of the MicroDYN approach: Complex problem solving predicts school grades beyond working memory capacity. *Learning and Individual Differences*, 24, 42-52.
- Seamon, J.G. & Kendrick, D.T. (2nd Edition). (1994). *Psychology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Shipstead, Z., Lindsey, D. R. B., Marshall, R. L., & Engle, R. W. (2014). The mechanisms of working memory capacity: Primary memory, secondary memory, and attention control. *Journal of Memory and Language*. In press.
- [doi.org/10.1016/j.jml.2014.01.004](https://doi.org/10.1016/j.jml.2014.01.004)
- Shute, V. J. (1991). Who is likely to acquire programming skills? *Journal of educational Computing research*, 7(1), 1-24.
- Simon, H. A. (1967). Motivational and emotional controls of cognition. *Psychological review*, 74(1), 29.
- Sonnleitner, P., Brunner, M., Greiff, S., Funke, J., Keller, U., Martin, R., Hazotte, C., Mayer, H., & Latour, T. (2012). The Genetics Lab. Acceptance and psychometric characteristics of a computer-based microworld to assess Complex Problem Solving. *Psychological Test and Assessment Modeling*, 54, 54-72
- Spada, H., & Opwis, K. (1985). Ökologisches Handeln im Konflikt: Die Allmende Klemme.

- Spada, H., Opwis, K., Donnen, J., Schwiersch, M., & Ernst, A. (1987). Ecological knowledge: Acquisition and use in problem solving and in decision making. *International Journal of Educational Research*, 11(6), 665-685.
- Spering, M., Wagener, D., & Funke, J. (2005). The role of emotions in complex problem-solving. *Cognition and Emotion*, 19, 1252-1261.
- Stanovich, K. E., West, R. F., & Cunningham, A. E. (1991). Beyond phonological processes: Print exposure and orthographic processing. *Phonological processes in literacy: A tribute to Isabelle Y. Liberman*, 219-235.
- Strohschneider, S (1986). On the stability and validity of action in complex domains of reality. *Sprache and Cognition* 5, 42-48.
- Strohschneider, S. (1991). Problemlösen und Intelligenz: über die Effekte der Konkretisierung komplexer Probleme.
- Sturm, W., Willmes, K., Orgass, B., & Hartje, W. (1997). Do specific attention deficits need specific training?. *Neuropsychological Rehabilitation*, 7(2), 81-103.
- Sturm, W., Schmenk, B., Fimm, B., Specht, K., Weis, S., Thron, A., & Willmes, K. (2006). Spatial attention: more than intrinsic alerting?. *Experimental Brain Research*, 171(1), 16-25.
- Sun, R. (2003). A tutorial on CLARION 5.0. *Cognitive Science Department, Rensselaer Polytechnic Institute*.
- Sweller, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In R.E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 19-30). Cambridge: University Press.

- Taatgen, N. A., & Wallach, D. (2002). Whether skill acquisition is rule or instance based is determined by the structure of the task. *Cognitive Science Quarterly*, 2(2), 163-204.
- Taatgen, N. A., & Anderson, J. R. (2008). Constraints in cognitive architectures. *Cambridge handbook of computational psychology*, 170-185.
- Taatgen, N., & Anderson, J. R. (2010). The past, present, and future of cognitive architectures. *Topics in Cognitive Science*, 2(4), 693-704.
- Thalmaier, A. (1979). Zur kognitiven Bewältigung der optimalen Steuerung eines dynamischen Systems. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 26, 388-421.
- Thiel, C. M., & Fink, G. R. (2007). Visual and auditory alertness: modality-specific and supramodal neural mechanisms and their modulation by nicotine. *Journal of Neurophysiology*, 97(4), 2758-2768.
- Tschirgi, J. E. (1980). Sensible reasoning: A hypothesis about hypotheses. *Child development*, 1-10.
- Turing, A. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59(236), 433.
- Unsworth, N., & Engle, R. W. (2007). On the division of short-term and working memory: an examination of simple and complex span and their relation to higher order abilities. *Psychological bulletin*, 133(6), 1038.
- Van Maanen, L., van Rijn, H., & Taatgen, N. (2012). RACE/A: An architectural account of the interactions between learning, task control, and retrieval dynamics. *Cognitive science*, 36(1), 62-101.

- Van Zomeren, A. H. (1984). Attention deficits; The riddles of selectivity, speed and alertness. Closed head injury, psychological, social and family consequences, 74-107.
- Vollmeyer, R., & Rheinberg, F. (2000). Does motivation affect performance via persistence? *Learning and Instruction*, 10(4), 293-309.
- Voss, J. F., Wolfe, C. R., Lawrence, J. A., & Engle, R. A. (1991). From representation to decision: An analysis of problem solving in international relations.
- Wranik, T., Barrett, L. F., & Salovey, P. (2007). Intelligent emotion regulation. *Handbook of emotion regulation*, 393-428.
- White, K.R. (1982). The relation between socioeconomic status and academic achievement. *Psychological Bulletin*, 91. 461-481.
- Wundt, W. M. (1883). *Über psychologische Methoden*. W. Engelmann.
- Wüstenberg, S., Greiff, S., & Funke, J. (2012). Complex Problem Solving. More than reasoning? *Intelligence*, 40, 1-14.

## ANEXOS

### **Anexo I: Consentimiento informado**

#### **Consentimiento informado**

Por la presente doy mi consentimiento para responder a una serie de pruebas en el marco de un proyecto de investigación del Instituto de Ciencias Sociales y Disciplinas Projectuales de UADE, dejando constancia que se me ha informado en términos claros y comprensibles para mí, lo siguiente:

- 1- El objetivo es investigar sobre procesos cognitivos básicos (memoria de trabajo, atención ejecutiva, entre otras) y su interrelación con la resolución de problemas complejos, como también con factores motivacionales y afectivos.
- 2- Mi participación es anónima y confidencial. Los datos recolectados se procesarán y utilizarán solo con fines de investigación, no se trata de una evaluación clínica, académica ni de orientación vocacional. Los resultados de las pruebas en sí mismas, no formarán parte de mi promedio o concepto académico.
- 3- Consiste en participar respondiendo de forma individual a pruebas y encuestas computarizadas, cuyas instrucciones leeré en pantalla. En total dispondré de dos horas y media aproximadamente. Todas las pruebas se aplican durante la hora de cursada.
- 4- Esta actividad es una actividad formativa como estudiante universitario en el área de investigación. Mi participación es muy valiosa y estoy contribuyendo en el proceso de construcción del conocimiento científico que es tarea de toda universidad. Sin embargo, también es voluntaria. Tengo la libertad de participar o declinar mi participación de la investigación en el momento que lo desee, de tal forma que no interfiera con el resto de los estudiantes que están realizando las pruebas.
- 5- Si tengo alguna pregunta o necesito mayor información antes de la administración puedo requerirla a los coordinadores a cargo.

**Conforme de los estudiantes:**

**Lugar y fecha:**

## Anexo II: Cuestionario Sociodemográfico

---

### 1. Edad

---

### 2. Sexo

Masculino

Femenino

---

### 3.

#### A. Área

Ciencias Sociales

Ciencias Exactas

#### B. Año de cursada

Primer año

Segundo año

Tercer año

Cuarto año

Quinto año

---

### 4. Colegio donde cursó sus estudios secundarios

Público

Privado Laico

Privado religioso

Privado bilingüe

En el extranjero

---

### 5. Tipo de secundario

Bachiller con especialización en Literatura

- Bachiller con especialización en Ciencias
  - Bachiller con especialización en Informática
  - Comercial / Perito Mercantil
  - Técnico
  - Otro
- 

**6. Modalidad de la jornada en el secundario**

- Jornada simple
  - Jornada completa
- 

**7. Máximo nivel educativo alcanzado por la madre**

- Primario incompleto
  - Primario completo
  - Secundario completo
  - Terciario completo
  - Universitario completo
  - Posgrado completo
- 

**8. Máximo nivel educativo alcanzado por tu padre**

- Primario incompleto
- Primario completo
- Secundario completo
- Terciario completo

Universitario completo

Posgrado completo

---

9.

A. **¿Vives con tus padres?**

Sí  No

B. **¿Vives con tus abuelos?**

Sí  No

C. **¿Vives con tus hermanos/as?**

Sí  No

D. **¿Cuántas otras personas viven con vos?**

E. **Ocupación de tu madre (describe en detalle las tareas, nombre de la ocupación, etc.)**

- Socio / Patrón / Empleador
- Trabaja en relación de dependencia
- Profesional Independiente
- Trabaja por cuenta propia (no profesional)
- Servicio doméstico en hogares
- Changas o trabajos eventuales
- Contrapresta un plan social
- Trabaja sin salario
- Encargado de la casa
- Desocupado
- Otros
- NS/NC

F. **Ocupación de tu padre (describe en detalle las tareas, nombre de la ocupación, etc.)**

Socio / Patrón / Empleador

- Trabaja en relación de dependencia
- Profesional Independiente
- Trabaja por cuenta propia (no profesional)
- Servicio doméstico en hogares
- Changas o trabajos eventuales
- Contrapresta un plan social
- Trabaja sin salario
- Encargado de la casa
- Desocupado
- Otros
- 

NS/NC

---

**G. ¿Trabajás además de estudiar?**

- Sí  No
- 

**H. ¿Cuál es tu ocupación?**

- Trabajador no calificado (excluido servicio doméstico. Por ejemplo: Changas).
- Trabajador en el servicio doméstico
- Cuenta propia calificado (oficios)
- Asalariado calificado en la construcción, la industria y el transporte
- Asalariado calificado en la administración, las ventas y los servicios
- Técnico y cuadros similares

- Patrón con menos de 6 ocupados
  - Profesional
  - Propietario con empresas grandes y medianas
  - Actividades sin ocupación definida
  - Una actividad laboral no asimilable a las anteriores
- 

**I. ¿Cuántas horas por semana trabajás?**

35

---

---

### Anexo III: Cuestionario de perseverancia y apertura a la resolución de problemas

complejos

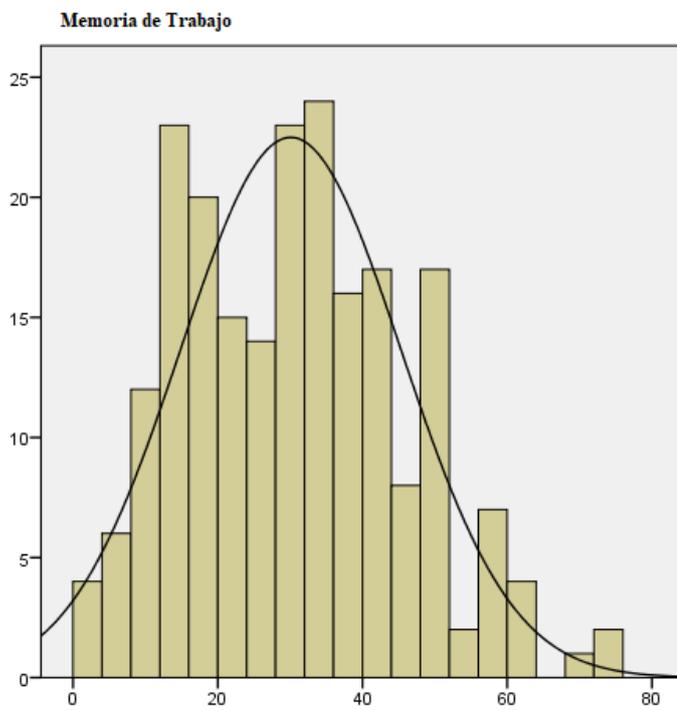
A continuación, te presentamos una lista de formas de comportarse frente a problemas complejos. Lee cada ítem y llena el círculo que mejor refleja lo que pensás y/o sentís. No hay respuestas correctas o incorrectas. Llena sólo un círculo por pregunta. Trabaja rápidamente.

	Se parece mucho a mi	Se parece a mi	Se parece un poco a mi	No se parece mucho a mi	Nada parecido a mi
a) Alguien que se da por vencido fácilmente cuando enfrenta un problema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) Alguien que pospone problemas difíciles	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) Alguien que mantiene interés en las tareas comenzadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d) Alguien que continúa trabajando en una tarea hasta que esté perfecta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e) Alguien que hace más de lo esperado cuando enfrenta un problema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f) Alguien que puede manejar mucha información	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
g) Alguien que es rápido para entender las cosas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
h) Alguien que busca explicaciones a las cosas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
i) Alguien que puede fácilmente vincular hechos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
j) Alguien que le gusta resolver problemas complejos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

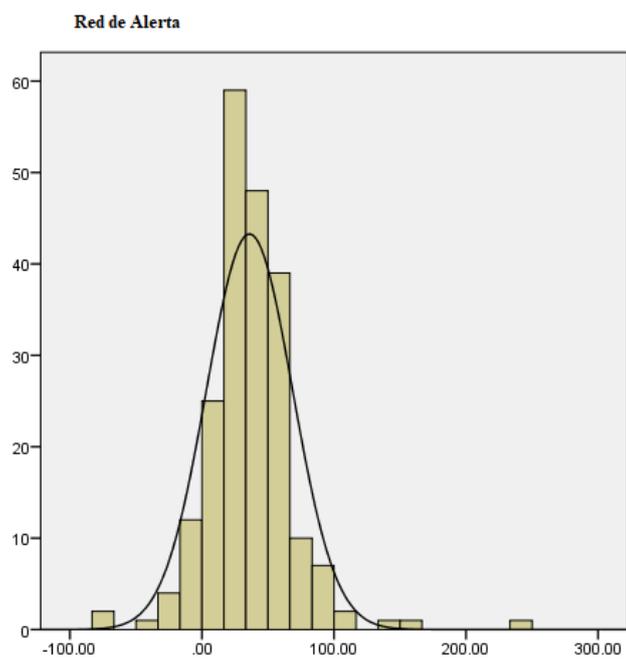
## Anexo IV: Gráficos de distribución

### VARIABLES COGNITIVAS

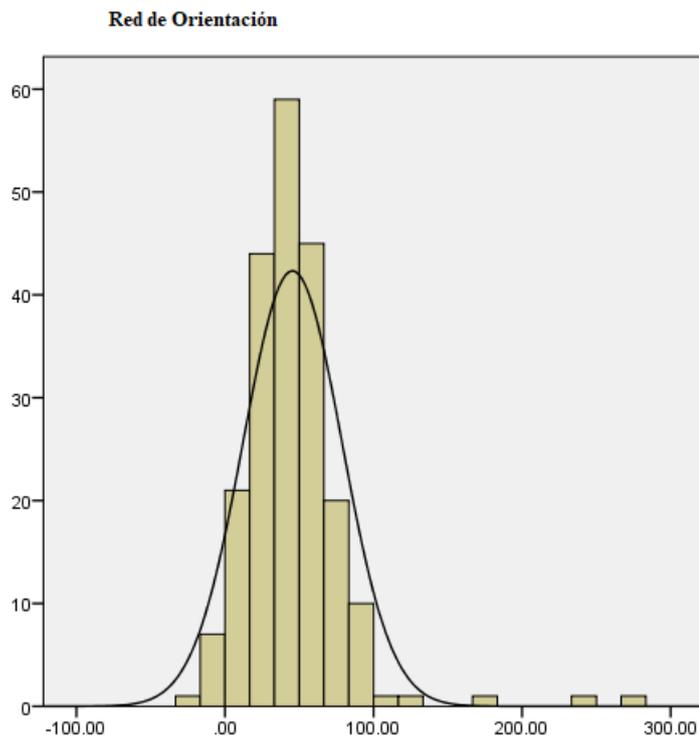
#### 1 - Memoria de trabajo



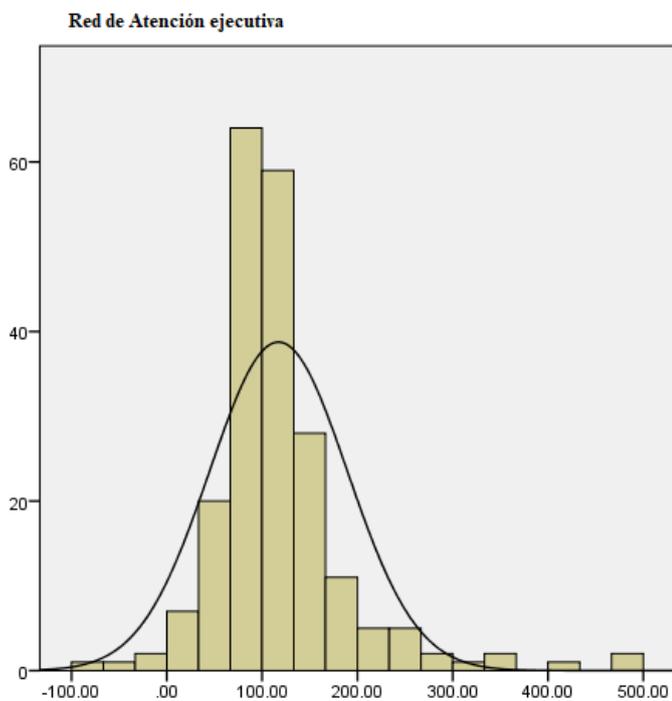
#### 2a - Red de Alerta



## 2b – Red de Orientación

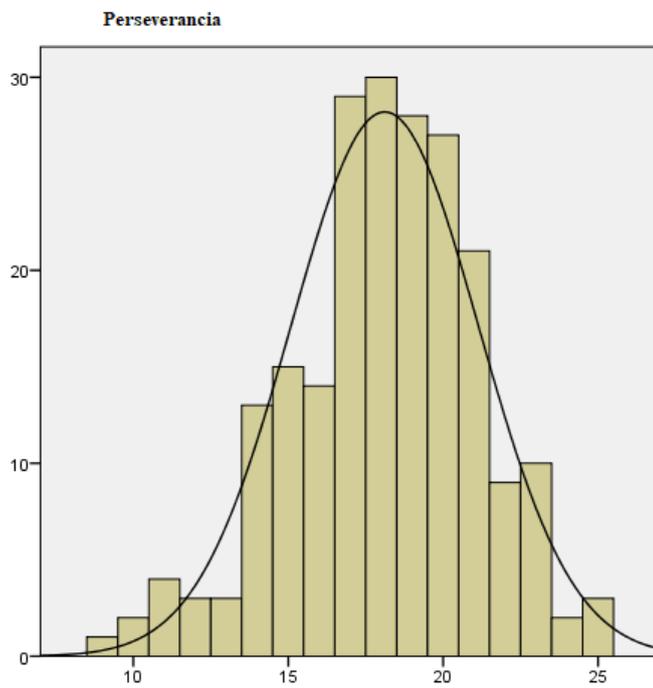


## 2c – Red de Atención ejecutiva

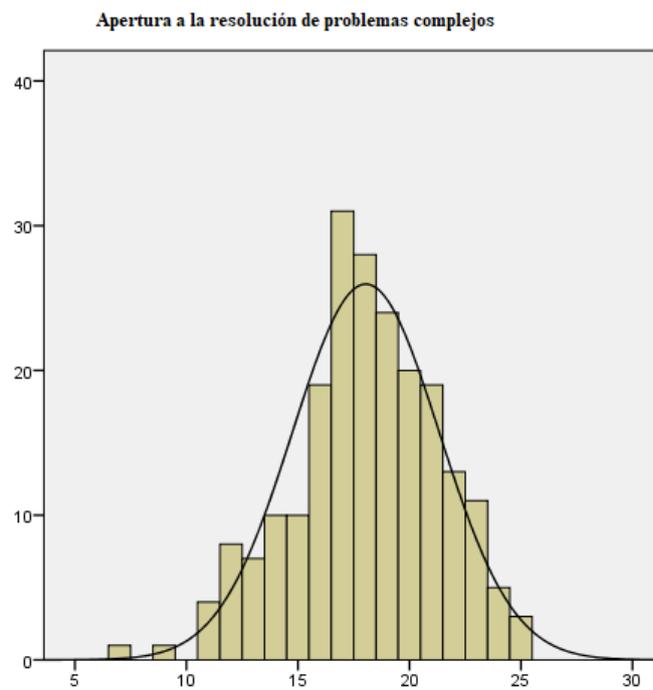


## Variables motivacionales

### 3a – Perseverancia

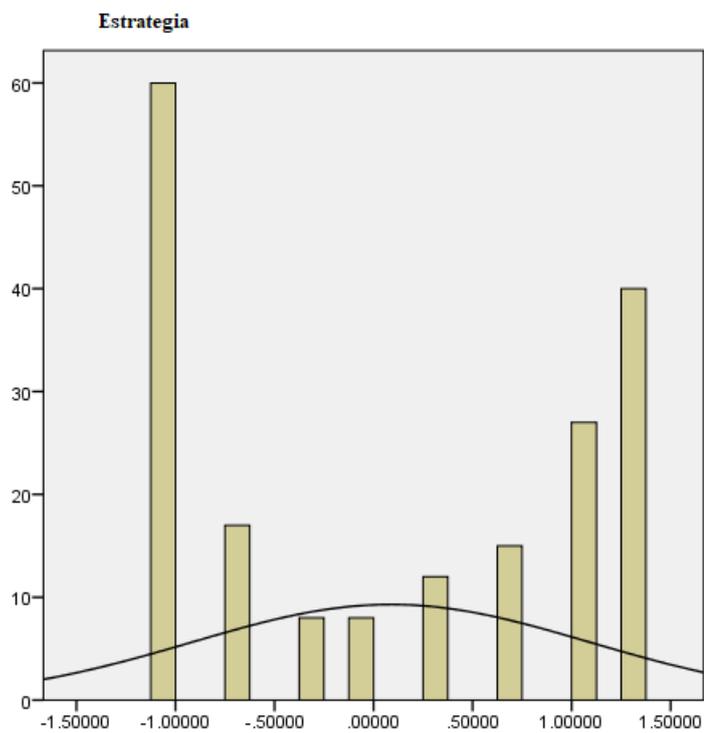


### 3b – Apertura a la resolución de problemas complejos

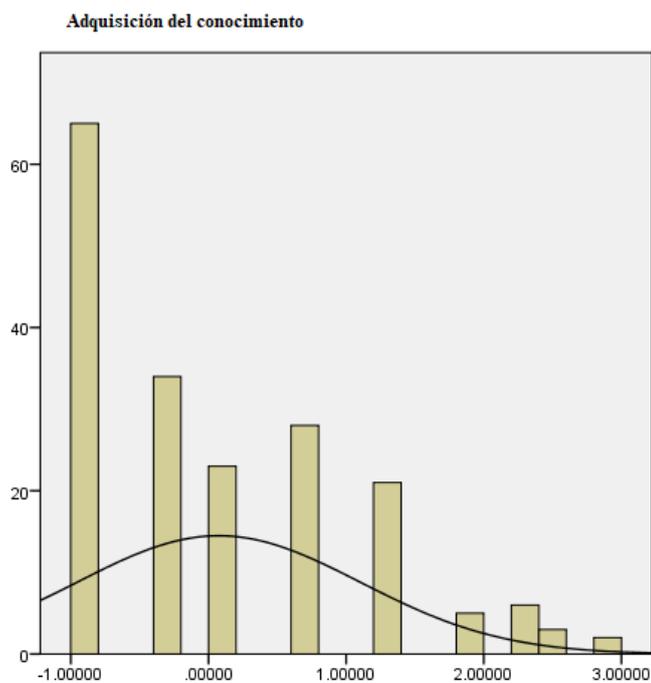


## Resolución de problemas complejos

### 4a – Fase de estrategia



### 4b – Fase de Adquisición del conocimiento



#### 4c – Aplicación del conocimiento

