

## Velocidad de procesamiento de la información en pruebas neuropsicológicas clásicas e influencia de la edad

*Velocidade de processamento de informação em instrumentos neuropsicológicos clássicos sob a influência da idade*  
*Vitesse de traitement de l'information dans les tests neuropsychologiques classiques et influence de l'âge*  
*Information processing speed in classical neuropsychological tasks and age influences*

Julián Marino<sup>1</sup>, Juan Cruz Arias<sup>1</sup>, Valeria Abusamra<sup>2</sup>, Gustavo Foa Torres<sup>3</sup> y Zhanneta Kozina<sup>4</sup>

1. Instituto de Investigación Oulton, Fundación Oulton, Argentina

2. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

3. Centro Privado de Tomografía Computada Córdoba S.A., Fundación Oulton, Argentina

4. H.S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University, Ucrania

### Resumen

La velocidad de procesamiento de la información (VPI) es una capacidad general del sistema cognitivo, definida como la suma de los tiempos en los que se percibe una información, se procesa, y se prepara y ejecuta una respuesta. El objetivo principal de este estudio fue investigar la influencia de la VPI en el rendimiento en pruebas neuropsicológicas clásicas (PNC). Métodos: Se aplicaron once PNC a una muestra argentina de informantes de entre 15 y 70 años (M = 40, DE = 17.1, 163 mujeres, 96 hombres). Resultados: Mediante un análisis factorial exploratorio se extrajeron tres factores explicativos del rendimiento en las PNC. Estos factores interpretados como 1) flexibilidad cognitiva basada en percepción motora con carga de memoria a corto plazo, 2) procesamiento semántico, y 3) VPI. Se encontraron diferencias significativas entre los grupos de edad para la influencia de cada factor en el rendimiento. Además, modelos de regresión múltiple indicaron que la VPI fue un predictor significativo del rendimiento en nueve PNC. Conclusiones: Los resultados tienen implicancias para el uso, diseño e interpretación de las PNC.

*Palabras clave:* velocidad de procesamiento de la información, grupos etarios, evaluación neuropsicológica, estructura factorial, flexibilidad cognitiva, semántica.

### Resumo

A velocidade de processamento de informações (VPI) é uma capacidade geral do sistema cognitivo definida como a soma dos tempos em que as informações são percebidas, processadas e uma resposta é preparada e executada. Assim, o principal objetivo desse estudo foi investigar a influência da VPI no desempenho em instrumentos neuropsicológicos clássicos. Método: Onze instrumentos neuropsicológicos clássicos foram aplicadas a uma amostra argentina de informantes entre 15 e 70 anos (M=40, DP=17,13 sendo 163 mulheres e 96 homens). Resultados: Através de uma análise fatorial exploratória, foram extraídos três fatores explicativos do desempenho dos instrumentos neuropsicológicos clássicos. Esses fatores interpretaram como (1) flexibilidade cognitiva baseada na percepção motora com carga de memória de curto prazo; (2) processamento semântico; e (3) velocidade de processamento de informação. Foram encontradas diferenças significativas nas faixas de idade para a influência de cada fator no desempenho. Além disso, vários modelos de regressão indicaram que o VPI foi um preditor significativo de desempenho em nove instrumentos neuropsicológicos clássicos. Conclusões: Os resultados têm implicações no uso no desenho e na interpretação dos instrumentos neuropsicológicos clássicos.

*Palavras-chave:* velocidade de processamento da informação, faixas etárias, avaliação neuropsicológica, estrutura fatorial, flexibilidade cognitiva, semântica.

### Résumé

La vitesse de traitement de l'information (VTI) est une capacité générale du système cognitif, définie comme la somme des temps pendant lesquels l'information est perçue, traitée et une réponse est préparée et exécutée. L'objectif principal de cette étude était d'étudier l'influence du VTI sur les performances dans les tests neuropsychologiques classiques (TNC). Méthodes: Onze PNC ont été appliqués à un échantillon argentin d'informateurs âgés de 15 à 70 ans (M = 40, ET = 17,1, 163 femmes, 96 hommes). Résultats: Grâce à une analyse factorielle exploratoire, trois facteurs explicatifs de la

performance dans les TNC ont été extraits. Ces facteurs interprétés comme 1) une flexibilité cognitive basée sur la perception motrice avec une charge de mémoire à court terme, 2) un traitement sémantique et 3) un VTI. Des différences significatives ont été trouvées entre les groupes d'âge pour l'influence de chaque facteur sur la performance. De plus, plusieurs modèles de régression ont indiqué que l'VTI était un prédicteur significatif des performances dans neuf TNC. Conclusions: Les résultats ont des implications pour l'utilisation, la conception et l'interprétation des TNC.

*Mots clés:* vitesse de traitement de l'information, groupes d'âge, évaluation neuropsychologique, structure factorielle, flexibilité cognitive, sémantique.

### Abstract

Information processing speed (IPS) is a general capacity of the cognitive system, defined as the sum of the times in which a piece of information is perceived, processed, and a response is prepared and executed. The main goal of this study was to investigate the influence of IPS on performance in classical neuropsychological tests (CNT). Methods: Eleven CNT were applied to an Argentine sample of participants between 15 and 70 years old ( $M = 40$ ,  $SD = 17.1$ , 163 women, 96 men). Results: By means of an exploratory factorial analysis three explanatory factors of performance in the CNT were extracted. These factors were interpreted as 1) cognitive shifting based on motor perception with short-term memory load, 2) semantic processing, and 3) IPS. Significant differences were found between age groups for the influence of each factor on performance. In addition, multiple regression models indicated that the IPS was a significant predictor of performance in nine CNT. Conclusions: These results have implications for the use, design and interpretation of CNT.

*Key words:* intervention program, comprehensive development, executive functions, literacy, preschool.

## 1. INTRODUCCIÓN

La velocidad de procesamiento de la información (VPI) se considera una capacidad general del sistema cognitivo (Lezak, Howieson, Bigler, & Tranel, 1983), definida como la suma de los tiempos en los que se percibe una información, se procesa, y se prepara y ejecuta una respuesta (Ríos-Lago & Periañez, 2010). Al igual que la inteligencia, la VPI se propuso como una entidad cognitiva supraordinal, no atribuible al funcionamiento de una fibra de sustancia blanca o zona de sustancia gris en particular. En una elevada proporción de pruebas neuropsicológicas clásicas (PNC) la influencia de la VPI no resulta clara. Chan, Shum Touloupoulou y Chen (2008) clasificaron a las PNC como 'de primera generación', la mayoría derivadas de anteriores baterías completas que medían el concepto clásico decimonónico de inteligencia general. Una notable diferencia con otras pruebas es que las PNC son generalmente de lápiz y papel, o verbales, mientras que las pruebas de tercera generación, administradas en su mayoría por ordenador, se consideran conceptualmente más 'puras'. En un elevado porcentaje se diseñaron antes de la segunda guerra europea. Por ejemplo, el Trail Making Test fue creado para seleccionar pilotos de naves aéreas en Estados Unidos de América (Lezak et al., 1983).

Sin embargo, en todas las pruebas neuropsicológicas, la VPI tiene una influencia que resulta difícil controlar. La neuropsicología cognitiva ha desarrollado modelos teóricos que reconocen numerosas capacidades y procesos, generalmente subdivididos en mecanismos y operaciones específicas (memoria, lenguaje, funciones atencionales, capacidades visoespaciales, regulación emocional, funciones ejecutivas). Cada una de estas capacidades y procesos, o subprocesos puede ser evaluada mediante diferentes técnicas de medición. En un plano operacional, es muy frecuente que la eficacia en el rendimiento se mida en términos de exactitud y tiempo de reacción de la respuesta. De esta manera, la VPI podría estar involucrada en cada una de las técnicas de medición de las funciones y capacidades neuropsicológicas más allá de lo reportado, o definido previamente en la parte conceptual.

En algunas pruebas, como la versión palabra del test Stroop (Trenerry, Crosson, Deboe, & Leber, 1995), se intentó controlar la VPI mediante el método sustractivo (Sternberg, 1978). Esta metodología consiste en presentar una versión de la prueba (A) y luego otra (AB), que adiciona un componente que mantiene las condiciones estímulares más un conflicto específico. Sin embargo, Friston et al. (1996) demostraron que la aditividad cognitiva no puede ser interpretada en términos de sumatoria, sino que la nueva versión es un proceso emergente que combina 'ingredientes' en una 'receta cognitiva' (Barrett, 2009).

En los informes neuropsicológicos es frecuente la inclusión de 'lentificación' de la ejecución. Sin embargo, el dato proviene de tiempos de respuesta con valores negativos respecto a baremos. La disminución de VPI ha sido atribuida a procesos relacionados con el aumento de la edad (Junqué & Jódar, 1990), al deterioro en el funcionamiento de la sustancia blanca (Kennedy & Raz, 2009), deterioro vascular (Prins et al., 2005), y disminución global en la comunicación de los mecanismos sinápticos (Townsend, Adamo, & Haist, 2006).

No obstante, en la aplicación de PNC, la complejidad para controlar la influencia de la VPI aumenta. Por ejemplo, en las pruebas de fluidez verbal, el incremento en el almacén de la memoria semántica compensa la pérdida de VPI; si se comparan edades resulta frecuente que las personas adultas tengan un almacén semántico más amplio que jóvenes (Bryan & Luszcz, 1996). Es decir, los adultos sanos pueden emitir similar cantidad de palabras que un joven porque disponen de mayor disponibilidad en el almacén semántico, mientras que los jóvenes tienen mayor VPI.

Kail y Salthouse (1994) propusieron que la VPI es una capacidad en sí misma que afecta numerosos procesos específicos, y la consideran supraordinal. Fry y Hale (1996) reportaron que en tareas de memoria, las personas que tuvieron desempeño más eficaz son también las que hicieron la prueba más rápido. En el caso de la memoria de trabajo la mayor VPI puede incidir en la generación de *chunkings* que faciliten la evocación, por lo que la amplitud de la Memoria de Trabajo estaría relacionada a la VPI (Salazar-Villanea, Liebmann, Garnier-Villarreal, Montenegro-Montenegro, & Johnson, 2015).

Desde una perspectiva conceptual, este trabajo tiene por objetivo conocer si la evidencia empírica apoya que la VPI es un factor  $V$ , de la misma manera que la inteligencia se debate entre formar un factor  $g$ , o bien estar dividida en procesos fluidos, cristalizados, de carácter múltiple y dividido en esferas, cognitiva y emocional. El aporte que realiza este estudio es a la evaluación neuropsicológica y su validez de constructo. En el trabajo realizado por Chan et al. (2008) se caracteriza a las PNC como pruebas ‘sucias’ en tanto no es sencillo definir qué concepto miden. A la vez, en trabajos sobre rendimiento académico y desempeño prosocial se halló que las PNC explican estas variables de una manera significativamente superior a las pruebas de tercera y segunda generación (Zorza, Marino, & Acosta, 2015; Zorza, Marino, de Lemus, & Acosta Mesas, 2013). Esta capacidad superior de explicación puede deberse a que miden varios constructos a la vez. En este estudio se busca conocer cómo los factores previamente mencionados subyacen al rendimiento en PNC y establecer el porcentaje de influencia de la VPI en cada una. Por último, también fue un objetivo examinar la influencia de la VPI en diferentes PNC de primera generación, por ejemplo, el test del trazo (partes A y B), la prueba de fluidez verbal, el test Stroop-Trenerry (lectura e interferencia), el test de ordenamiento de dígitos, la subescala de historias cortas del test Barcelona, el test de símbolos y dígitos, el test de amplitud de dígitos, la prueba de vocabulario, y la prueba de información. Es importante destacar que estas PNC conforman una batería presente en la mayor parte de las evaluaciones neuropsicológicas.

## 2. MÉTODO

### 2.1 Participantes

La muestra de este estudio se compuso de 259 participantes sanos, sin historial de trastornos neuropsicológicos, con edades entre 15 y 70 años ( $M = 40$ ,  $DE = 17.13$ , 163 mujeres, 96 hombres). Los participantes estaban distribuidos de forma aproximadamente uniforme en el rango de edad ( $A = 0.21$ ). Por otro lado, los participantes estaban distribuidos de forma aproximadamente normal en el rango de años de educación formal ( $M = 12.83$ ,  $DE = 17.13$ ), aunque se observó una ligera asimetría hacia la derecha ( $A = -0.51$ ).

### 2.2 Instrumentos y procedimiento

Todos los participantes fueron evaluados en once PNC: el test del trazo (partes A y B; Bowie & Harvey, 2006), la prueba de fluidez verbal versión explorador (Marino & Alderete, 2009), el test Stroop-Trenerry (lectura e interferencia; Trenerry, Crosson, DeBoe & Leber, 1989), el test de ordenamiento de dígitos (Werheid et al., 2002), la subescala de historias cortas del test Barcelona (Peña-Casanova, Saladié, Esparcia, & Olmos, 1991), el test de símbolos y dígitos (Smith, 1968), el test de amplitud de dígitos (Wechsler, 1945), la prueba de vocabulario (Wechsler, 1945), y la prueba de información (Wechsler, 1945). Las últimas dos pruebas fueron adaptadas por Marino y Díaz-Fajreldines (2011) en función de que presentaban un efecto ‘techo’ propio del paso del tiempo.

Se consultó a 7 neuropsicólogos expertos acerca de la influencia de VPI en las once PNC utilizadas. Se les pidió que ponderen las mismas de la siguiente manera: 5 = VPI tiene muy elevada influencia en la ejecución de la prueba; 4 = VPI tiene elevada influencia en la ejecución de la prueba; 3 = VPI tiene moderada influencia en la ejecución de la prueba; 2 = VPI tiene entre moderada y escasa influencia en la ejecución de la prueba; 1 = VPI tiene escasa influencia en la ejecución de la prueba. Los jueces estaban familiarizados con las pruebas, cuatro de ellos tenían más de 10 años de uso de estas, tres tenían menos de 10 años, pero conocían sus propiedades y las habían administrado en más de 10 ocasiones.

### 2.3 Análisis de datos

El análisis estadístico fue realizado con el programa SPSS v. 20 (IBM Corporation, 2011) e incluyó análisis factorial exploratorio (AFE) con rotación VARIMAX con normalización Kaiser para factores correlacionados, prueba de chi cuadrado, análisis multivariado de la varianza (MANOVA), y análisis de regresión múltiple jerárquica (ARM). Para verificar la factibilidad de realizar el AFE, se calculó el índice de adecuación muestral Kaiser-Meyer-Olkin y la prueba de esfericidad de Bartlett. La elección de la rotación VARIMAX se justifica por la búsqueda de saturaciones elevadas de cada variable por factor. La simplicidad de este método, en comparación con una rotación oblicua, tiene la ventaja de que resulta necesario explorar diferencias nítidas entre la saturación de VPI y las PNC. La elección de una rotación oblicua amplificaría la ‘suciedad’ que de por sí tienen las PNC, creadas en contextos claramente diferente a la neuropsicología cognitiva contemporánea. Se calcularon los puntajes factoriales, el valor de  $X^2$  de Pearson (prueba de chi cuadrado), el valor  $F$  y  $\eta^2p$  (MANOVA), y el porcentaje de explicación de la varianza de las variables de los modelos significativos (ARM), como índices del tamaño del efecto. Un resultado se consideró significativo a un valor de  $p \leq .05$ .

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Evaluación sobre la influencia de VPI en el rendimiento en PNC

Los resultados de la evaluación de los neuropsicólogos expertos sobre la influencia de VPI en el rendimiento en las once PNC se observa en la Tabla 1.

### 3.2 Análisis factorial del rendimiento en las PNC

Se procedió a realizar un análisis factorial exploratorio (AFE) para reducir las dimensiones que operaban en la matriz de covarianzas. En el AFE se ingresaron las once PNC antes mencionadas. Se estableció que un factor era significativo si el autovalor era mayor a 1. Para maximizar la distancia entre las dimensiones del espacio vectorial multidimensional, se realizó una rotación VARIMAX, en función de que las variables ingresadas pertenecen a constructos a los que no se

les asume una relación entre sí. Esto resulta discutible, ya que es aceptable que las pruebas tengan un componente común que participe en la ejecución (Pessoa, 2009).

**Tabla 1.**

*Evaluación de neuropsicólogos expertos sobre la influencia de la velocidad de procesamiento de la información (VPI) en el rendimiento en las pruebas neuropsicológicas clásicas (PNC).*

PNC	Influencia de VPI	
	M	Orden de relevancia
Stroop-lectura	5.00	1
Símbolos y dígitos	4.71	2
Stroop-interferencia	4.29	3
Trazo (parte A)	4.29	3
Fluidez verbal	4.14	5
Trazo (parte B)	3.71	6
Ordenamiento de dígitos	3.57	7
Amplitud de dígitos	3.00	8
Subescala de historias cortas del test Barcelona	2.14	9
Vocabulario	2.14	9
Información	1.57	11

La extracción de los factores fue por componentes principales, el número máximo de iteraciones fue de 25, como fue indicado se consideró significativo el vector cuyo autovalor fuese mayor a 1. Para ello se procedió a hacer coincidir la covarianza y las correlaciones, estandarizando los puntajes de las 11 pruebas. Se evaluó la factibilidad de realizar el AFE mediante el índice de adecuación muestral Kaiser-Meyer-Olkin ( $KMO = 0.83$ ) y la prueba de esfericidad de Bartlett ( $X^2(465) = 1293.89$ ;  $p < .001$ ). Ambos métodos sugirieron que las pruebas se encontraban lo suficientemente intercorrelacionadas como para poder llevar a cabo el AFE. De este modo, el AFE resultaba una solución satisfactoria para analizar la matriz de correlación-covarianza.

Se hallaron tres autovalores mayores a 1, que explicaban aproximadamente el 67% de la varianza de la matriz. Una observación interesante es que los tres vectores tenían explicaciones de la varianza aproximadamente similares ( $I_1 = 26\%$ ;  $I_2 = 21\%$ ;  $I_3 = 19\%$ ). Se obtuvo la matriz de saturación de variable por factor luego de la rotación (ver Tabla 2).

**Tabla 2.**

*Matriz de saturación factorial de cada prueba neuropsicológica clásica (PNC) luego de la rotación VARIMAX*

PNC	Factores			Comunalidad
	1	2	3	
Stroop-lectura	0.11	0.15	0.86	0.78
Símbolos y dígitos	0.75	-0.06	0.38	0.70
Stroop-interferencia	0.23	0.16	0.83	0.77
Trazo (parte A)	0.79	-0.08	0.27	0.70
Fluidez verbal	0.41	0.62	0.36	0.69
Trazo (parte B)	0.81	-0.09	0.34	0.79
Ordenamiento de dígitos	0.59	0.35	0.06	0.48
Amplitud de dígitos	0.25	0.37	0.40	0.36
Subescala de historias cortas del test Barcelona	0.60	0.22	-0.07	0.41
Vocabulario	0.12	0.88	0.21	0.82
Información	0.06	0.91	0.04	0.84

### 3.3 Interpretación de los factores

En pruebas neuropsicológicas no resulta sencillo interpretar las saturaciones factoriales. Se las calificó como 'pruebas sucias' (Chan et al., 2008), ya que elicitan procesos que requieren recetas complejas, por la cantidad de participación de cada capacidad y por el tiempo (momento relativo de participación y duración) en que lo hacen. El segundo factor resulta el más sencillo de interpretar, ya que tiene una elevada carga de las pruebas de vocabulario, información y fluidez verbal, que implican la participación de la memoria semántica (Sheldon & Moscovitch, 2012).

El primer factor tiene una elevada carga de dos pruebas relacionadas entre sí, las dos partes del test del trazo, lo cual resulta habitual. El test de símbolos y dígitos tiene una carga cercana, lo que implicaría un factor de flexibilidad cognitiva con ejecución percepto-motora y carga de memoria. En tamaño de saturación le siguen dos pruebas de memoria, la subescala de historias cortas del test Barcelona y el test de ordenamiento de dígitos. Una prueba relacionada a esta última, el test de amplitud de dígitos, que involucra dígitos y su repetición, aunque la complejidad del primero es significativamente superior, tiene su grado menor de saturación en el factor 1. Por lo tanto, el primer factor puede ser considerado uno de flexibilidad cognitiva con ingredientes percepto-motora que necesitan uso de memoria a corto plazo. Evidentemente no se trata de un factor simple, pero el empleo de pruebas de primera generación implica espacios de tarea que mezclan ingredientes durante lapsos de tiempo prolongados. Los factores extraídos reflejarán la complejidad de tales recetas (Barrett, 2009).

El tercer factor está claramente liderado por el rendimiento en Stroop-lectura y Stroop-interferencia. Nuevamente, dos partes de una misma prueba tienden a tener una saturación conjunta. Luego tienen una saturación secundaria al primer factor las pruebas más relacionadas a VPI, excepto el test de amplitud de dígitos, la prueba más sencilla de memoria de trabajo. En la ejecución de esta tarea es crucial la retención de los dígitos en *chunkings*, o 'apretamientos conjuntos' de información, que faciliten la respuesta. Claramente, el tercer factor no está relacionado con las pruebas que tuvieron menos influencia de VPI según los expertos. Por lo tanto, se puede considerar que el tercer factor concentraría en parte la proporción de VPI de las pruebas neuropsicológicas clásicas, aunque esto resulta una solución provisoria, justificada racionalmente, pero no exenta de posteriores exploraciones. No hay una solución más clara para rotular este factor, que explica el 19% de la varianza de la matriz. Posteriores relaciones entre los tres factores extraídos con la edad y la educación pueden arrojar luz al respecto.

De este modo, se acepta provisoriamente el hallazgo exploratorio del factor 1 como flexibilidad cognitiva basada en percepción motora con carga de memoria a corto plazo, el factor 2 de carácter semántico, y el factor 3, como VPI.

### 3.4 Relación entre factores, edad, y rendimiento académico

El puntaje factorial de cada participante fue ordenado en tres rangos de rendimiento. En función de los ordenamientos, se realizó una prueba de chi cuadrado para cada factor, cruzando las frecuencias observadas y las

esperadas con tres rangos de edad y cinco de rendimiento académico (ver Tabla 3).

En el factor 1, los valores de la prueba ( $X^2(8) = 80.30, p < .001$ ) indicaron que los jóvenes presentaban una

**Tabla 3.**

*Estadísticos descriptivos de los puntajes factoriales en los grupos definidos por el desempeño académico y la edad.*

Rendimiento en PNC	Desempeño académico	Edad						Total	
		Joven		Medio		Mayor		M (DE)	N
		M (DE)	n	M (DE)	n	M (DE)	n		
Factor 1	Bajo	0.56 (0.88)	13	-0.28 (0.88)	20	-1.33 (0.96)	38	-0.69 (1.18)	71
	Medio	0.58 (0.68)	47	0.03 (0.73)	22	-0.29 (1.02)	24	0.23 (0.87)	93
	Alto	0.59 (0.60)	33	0.34 (0.58)	37	-0.17 (0.72)	25	0.29 (0.69)	95
	Total	0.58 (0.68)	93	0.09 (0.74)	79	-0.71 (1.06)	87		
Factor 2	Bajo	-0.49 (0.93)	13	-0.39 (0.87)	20	-0.31 (0.90)	38	-0.37 (0.89)	71
	Medio	-0.65 (0.70)	47	-0.23 (0.66)	22	0.74 (0.91)	24	-0.19 (0.94)	93
	Alto	-0.19 (0.77)	33	0.48 (0.81)	37	1.30 (0.74)	25	0.46 (0.97)	95
	Total	-0.47 (0.78)	93	0.06 (0.88)	79	0.44 (1.10)	87		
Factor 3	Bajo	-1.42 (0.87)	13	0.05 (0.47)	20	-0.56 (0.71)	38	-0.55 (0.84)	71
	Medio	-0.13 (1.27)	47	0.30 (0.88)	22	-0.10 (0.89)	24	-0.02 (1.10)	93
	Alto	0.57 (0.60)	33	0.60 (0.76)	37	-0.01 (0.89)	25	0.43 (0.78)	95
	Total	-0.06 (1.22)	93	0.37 (0.76)	79	-0.27 (0.85)	87		

frecuencia significativamente superior en el desempeño elevado, mientras que el grupo de 50-70 años tuvo la frecuencia observada inversa. Sin embargo, en el factor Semántico la relación se invirtió ( $X^2(8) = 45.95, p < .001$ ). El 40% del total de los participantes del grupo de mayor edad estaba en el rango superior, mientras que sólo el 5% de los jóvenes estaba en el mayor nivel. A su vez, los participantes de edad mediana se ubicaban en los niveles intermedios (2 a 4). El factor 1 y el factor 2 presentaron una relación inversa en función de la edad.

En el factor 3 ( $X^2(8) = 41.11, p < .001$ ) el 47% de los jóvenes se agrupó en los niveles superiores, el 52% de la edad mediana, y sólo el 20% de los mayores. En cambio, en los niveles más bajos de desempeño, se halló el 34% de los más jóvenes, el 21% de la edad mediana, y el 61% de la edad mayor.

Estos valores son consistentes con la literatura previa y apoyan la interpretación de los factores. Sin embargo, se realizó un análisis similar en función del nivel académico por participante. El nivel académico fue agrupado en 5 niveles, por lo que la tabla cruzada de la prueba chi cuadrado era de 5x5. En el factor 1 ( $X^2(16) = 83.87, p < .001$ ) fue interesante observar que el 60% de las personas con menor rendimiento académico se encontraba en el rango inferior. Al adicionar el nivel 2 del factor 1, se acumulaba el 84% de las personas, mientras que en el nivel 5 se encontraba el 28% de su grupo en estos niveles, y solo el 6% en el nivel más bajo.

El factor 2 ( $X^2(16) = 60.20, p < .001$ ) se halló una polarización elevada entre los grupos 1 y 5. En el de más bajo rendimiento académico, el 74% se encontró en los niveles 1 y 2, mientras que en el más alto se halló el 76% en los niveles 4 y 5.

En el factor 3 ( $X^2(16) = 70.02, p < .001$ ), uno de los datos más interesantes es que los niveles 4 y 5 (niveles elevados en el factor de rendimiento académico) estuvieron dentro de los grupos de mayor nivel educativo, mientras que el 67% de la población de menor rendimiento académico se encontró en los niveles más bajos de ejecución.

### 3.5 Análisis de varianza multivariado: edad y rendimiento académico sobre factores de pruebas neuropsicológicas clásicas

Se realizó un análisis de varianza multivariado, ingresando como factores independientes la edad (tres niveles) y el rendimiento académico (tres niveles, reagrupación simplificada para facilitar la interpretación de los resultados y en función de las correlaciones entre los niveles). Como variables dependientes se incluyeron los puntajes de los factores 1, 2, y 3 (VPI). Este análisis se realizó para conocer posibles interacciones. La interacción de la edad y el rendimiento académico fue significativa ( $p < .001$ ) en los tres factores (ver Tabla 4).

**Tabla 4.**

*Interacción entre la edad y el rendimiento académico en los tres factores del rendimiento en las pruebas neuropsicológicas clásicas (PNC)*

Rendimiento en PNC	F	$\eta^2 p$	gl
Factor 1	22.42*	0.42	8
Factor 2	18.67*	0.37	8
Factor 3	10.57*	0.25	8

\* El nivel de significación es de  $p < .001$ .

### 3.6 Influencia de VPI en las pruebas neuropsicológicas clásicas

En función de los resultados, para conocer el porcentaje de influencia del factor 3 (VPI), se consideró apropiado realizar una regresión múltiple jerárquica, colocando como variables dependientes el rendimiento en cada una de las pruebas neuropsicológicas, y como variables independientes la puntuación ponderada VPI, la edad y el rendimiento académico. En la Tabla 5 se observa el porcentaje de varianza predicha por VPI, sustrayéndole la predicción correspondiente a las variables control. Los valores de  $b^*$  de VPI

corresponden a su correlación semi-parcial, considerado que el modelo jerárquico se considera significativo a nivel  $p < .05$ .

**Tabla 5.**

*Porcentaje de la varianza del rendimiento en cada prueba neuropsicológica clásica (PNC) explicada por velocidad de procesamiento de la información (VPI).*

PNC	Porcentaje de la varianza explicada por VPI
Stroop-lectura	.78
Símbolos y dígitos	.31
Stroop-interferencia	.74
Trazo (parte A)	.13
Fluidez verbal	.13
Trazo (parte B)	.19
Ordenamiento de dígitos	.12
Amplitud de dígitos	.32
Subescala de historias cortas del test Barcelona	NS
Vocabulario	.01
Información	NS

*NS: VPI no resultó un predictor significativo del rendimiento.*

#### 4. DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue conocer la influencia de la VPI en pruebas neuropsicológicas clásicas. Para ello se trabajó sobre una muestra de 259 adultos argentinos/as, de entre 15 y 70 años. Se consideró que una prueba pertenece a este tipo cuando corresponde a la primera generación descrita por Chan et al. (2008). En su trabajo, las caracteriza y las incluye en el grupo de tareas creadas dentro de baterías de inteligencia general, o con fines prácticos y sin un modelo conceptual de respaldo. En estudios predictivos sobre el rendimiento académico o las habilidades sociales se encontró que las PNC son más predictivas que las de ordenador.

Otra de sus características es que son pruebas 'sucias', concepto que equivale al agregado progresivo de 'ingredientes' cognitivos (Barrett, 2009), durante la ejecución de la prueba. La VPI fue considerada una capacidad específica según los neuropsicólogos que dedicaron en la década de los '90 una significativa cantidad de artículos al respecto (por ejemplo, ver Bors & Forrin, 1995; Bryan & Luszcz, 1996; Juhel, 1991; Kail & Salthouse, 1994; Miller & Vernon, 1997; Neubauer, 1990). Sin embargo, la VPI se mide con contenidos específicos, que a su vez involucran constructos teóricos, que suelen ser medidos con técnicas que implican sin buscarlo la VPI. Se aprecia que es un bucle que exige la percepción, la semántica, tiempos de reacción ante incongruencias, uso de la memoria de trabajo, formación de *chunkings*, y flexibilidad cognitiva, por ejemplo.

En las pruebas de tercera generación se utilizan programaciones de ordenador tecnológicamente más eficaces, ya que tienen en cuenta respuestas medidas en milisegundos. Pero los tiempos de reacción para presionar una botonera ante estímulos en pantalla no reducen la dificultad para controlar cuánto influye la VPI. Por el contrario, pruebas asociadas a conceptos disímiles, como alerta atencional o categorización (López-Ramón, Castro, Roca, Ledesma, & Lupiáñez, 2011; Roca, Castro, López-Ramón, & Lupiáñez, 2011) se puntúan con tiempos de reacción. Más allá de los contenidos y la

estructura de las tareas, si se miden los tiempos de reacción la VPI seguramente está involucrada.

Este estudio realizó un análisis factorial exploratorio, extrayendo componentes principales. El factor 3 del trabajo fue considerado la VPI, asumiendo el juicio de 7 neuropsicólogos expertos que atribuyeron a las 11 pruebas aplicadas la participación que tendría la VPI en cada una. Los otros factores extraídos fueron la flexibilidad cognitiva sobre material visoperceptivo, con influencia de memoria de trabajo, y el factor 2, procesamiento semántico.

La interpretación de los resultados del análisis factorial requiere tener en cuenta que es aceptable que las pruebas tengan un componente común que participe en la ejecución (Pessoa, 2009). Sin necesidad de ingresar en una teoría general de la inteligencia, los estudios recientes sobre el funcionamiento de la corteza cingulada anterior revelan que cada proceso cognitivo-afectivo implica una red en la que tiene incidencia regular (Shenhav, Botvinick, & Cohen, 2013). Incluso en los estudios sobre control atencional, temperamento, alerta atencional e impulsividad, la corteza cingulada anterior se presenta en forma de núcleo de distribución de alertas y señales (Rueda, 2012; Rueda, Conejero, & Guerra, 2016).

Sin embargo, el empleo de pruebas neuropsicológicas de primera generación está asociado a 'contaminación' cognitiva, afectiva, motora, y sensorial, prácticamente imposible de discriminar de manera estricta. Como los constructos a los que se asocia cada prueba son diferentes, en términos de decisión se mantuvo la línea demarcada por este tipo de pruebas. En un estudio sobre el uso de pruebas psicométricas en la actualidad (restringido geográficamente) se reveló que estas pruebas son altamente preponderantes por sobre las pruebas de dominio específico, baterías de dominio específico y uso de ordenadores con software de diseño específico para neuropsicología. De todas maneras, un análisis factorial no tendría sentido si las variables no tuvieran una correlación moderada de base (Crawford & Garthwaite, 2007).

También se analizó la influencia de la edad y el rendimiento académico de los participantes. La variable rendimiento académico fue la resultante del nivel educativo máximo alcanzado, y dentro de este, las calificaciones obtenidas. En los resultados se observó que las personas jóvenes tienen mayor VPI, pero menor capacidad semántica. Numerosas pruebas de fluidez verbal dependen de la VPI y de la memoria semántica (Catani et al., 2013; Sheldon & Moscovitch, 2012), por lo que son difíciles de interpretar si se considera solamente la cantidad de palabras evocadas. Sin embargo, el método aditivo de Sternberg (Sternberg, 1978) ha sido cuestionado por concepciones actuales, preanunciadas por Sugarman (2002), continuado por una serie cada vez más numerosa de autores (Barrett, 2009; Marino, Jaldo, Luna, Zorza, & Foa Torres, 2015; Poldrack, 2006), que sostienen que un proceso cognitivo-afectivo es análogo a una receta donde un algoritmo establece qué ingredientes deben agregarse, en qué momento y proporción, generando un estado emergente diferente a la suma de las partes. Tal resultado, o 'cocción', equivale a un estado cerebromental compuesto de primitivos psicológicos.

Despejada la influencia de la edad y el rendimiento académico se presentó el porcentaje de influencia de VPI en cada prueba neuropsicológica. Se destacaron las medidas de

Stroop (Trener et al., 1995), evaluadas por lectura de palabras. Es importante considerar que esta versión valora la velocidad de evocación. En la parte más exigente, cuando la persona tiene que decir el color de la tinta, en detrimento del estímulo prepotente (el nombre del color escrito de manera diferente a la tinta impresa de sus letras), la VPI tuvo una influencia del 74%. Aplicando el método sustractivo, el impacto del conflicto es menor en comparación con la fuerza que tiene la velocidad de lectura.

La prueba que sorprendió por el elevado porcentaje de influencia de la VPI (31%), fue el test de amplitud de dígitos. Sin embargo, esta prueba se puntúa a medida que la persona retiene mayor cantidad de dígitos. Cuando supera los 7 dígitos se conoce que la eficacia consiste en recurrir a estrategias de *chunking*, o agrupación rápida de elementos. Cada dígito-estímulo se presenta en 700 milisegundos, por lo que formar agrupaciones compactadas requiere velocidad. El test de ordenamiento de dígitos es una prueba que también opera con dígitos. Los mismos se presentan a 800 milisegundos, y la persona tiene que realizar posteriormente un proceso de reordenamiento (Werheid et al., 2002). La influencia de la VPI en esta prueba se redujo un 19% respecto a la anterior.

En el caso de las pruebas de vocabulario, información y la subescala de historias cortas del test Barcelona, no hubo influencia alguna de VPI, lo que resultó esperable. Un dato interesante fue el mayor compromiso de la VPI en la resolución exitosa del TMT parte B, en comparación con la parte A. Suele considerarse que la parte A mide velocidad psicomotora, y la parte B flexibilidad cognitiva. Sin embargo, para interpretar correctamente, se halló que a mayor VPI la persona realiza mejor la parte B con diferencia de 7% en comparación con la parte A.

Si la VPI es una capacidad general o una habilidad específica, y cuáles son los mecanismos proximales causales que determinan sus valores, requiere estudios tecnológicamente centrados en rendimiento conductual, eficacia y actividad cerebral. Los análisis por edad indican que la VPI se pierde con el tiempo, no obstante, el rendimiento máximo se logra entre los 30 y 50 años de edad, de forma independiente al rendimiento académico. Los mayores logran un rendimiento medio en VPI cuando tienen a su vez un rendimiento académico avanzado, mientras que los jóvenes tienen una dispersión notable. Su VPI es baja cuando el rendimiento académico es pobre y logran una superación marcada con el mejoramiento de tal variable. El grupo de 30 a 50 años es el más equilibrado al respecto.

No se han encontrado antecedentes de estudios que analicen mediante esta estrategia la contribución de la VPI a variables asociadas a las PNC. Esto tiene una explicación histórica, ya que son pruebas creadas con finalidades pragmáticas y no correspondían a modelos teóricos neuropsicológicos. Cuando fueron empezadas a utilizar en el dominio de la neuropsicología cognitiva se asoció cada prueba a constructos que se integraron a modelos que relacionaron un mecanismo u operación cognitiva con la instanciación cerebral. Otro aspecto que puede indicar por qué la VPI no ha sido estudiada en cuanto a su influencia en un conjunto de tareas neuropsicológicas de primer orden puede encontrarse en Lezak, Howieson, Loring y Fischer (2004), quienes postulan que la VPI es un concepto 'elusivo' en cuanto a su utilidad cuando se infieren rendimientos

cognitivos luego de la aplicación de una batería neuropsicológica.

Finalmente se considera que este estudio presenta una contribución concreta a la valoración neuropsicológica, ya que inicia estudios prometedores sobre las comunalidades en pruebas.

#### Referencias

- Barrett, L. F. (2009). The future of psychology: Connecting mind to brain. *Perspectives on Psychological Science*, 4(4), 326–339. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6924.2009.01134.x>
- Bors, D. A., & Forrin, B. (1995). Age, speed of information processing, recall, and fluid intelligence. *Intelligence*, 20(3), 229–248. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0160-2896\(95\)90009-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0160-2896(95)90009-8)
- Bowie, C. R., & Harvey, P. D. (2006). Administration and interpretation of the Trail Making Test. *Nature Protocols*, 1(5), 2277–2281. <https://doi.org/10.1038/nprot.2006.390>
- Bryan, J., & Luszcz, M. A. (1996). Speed of information processing as a mediator between age and free-recall performance. *Psychology and Aging*. US: American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.11.1.3>
- Catani, M., Mesulam, M. M., Jakobsen, E., Malik, F., Matersteck, A., Wieneke, C., ... Rogalski, E. (2013). A novel frontal pathway underlies verbal fluency in primary progressive aphasia. *Brain*, (Advanced (8), 2619–2628. <https://doi.org/10.1093/brain/awt163>
- Chan, R. C. K., Shum, D., Touloupoulou, T., & Chen, E. Y. H. (2008). Assessment of executive functions: Review of instruments and identification of critical issues. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 23(2), 201–216. <https://doi.org/10.1016/j.acn.2007.08.010>
- Crawford, J. R., & Garthwaite, P. H. (2007). Using regression equations built from summary data in the neuropsychological assessment of the individual case. *Neuropsychology*, 21(5), 611–20. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.21.5.611>
- Friston, K. J., Price, C. J., Fletcher, P., Moore, C., Frackowiak, R. S. J., & Dolan, R. J. (1996). The Trouble with Cognitive Subtraction. *NeuroImage*, 4(2), 97–104. <https://doi.org/10.1006/nimg.1996.0033>
- Fry, A. F., & Hale, S. (1996). Processing Speed, Working Memory, and Fluid Intelligence: Evidence for a Developmental Cascade. *Psychological Science*, 7(4), 237–241. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1996.tb00366.x>
- IBM Corporation (2011). IBM SPSS Statistics 20. IBM Corporation, Armonk, NY: IBM.
- Juhel, J. (1991). Relationships between psychometric intelligence and information processing speed indexes. *European Bulletin of Cognitive Psychology*, 11(1), 73–105.
- Kail, R., & Salthouse, T. A. (1994). Processing speed as a mental capacity. *Acta psychologica*, 86(2-3), 199–225. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0001-6918(94)90003-5)
- Kennedy, K. M., & Raz, N. (2009). Aging white matter and cognition: differential effects of regional variations in diffusion properties on memory, executive functions, and speed. *Neuropsychologia*, 47(3), 916–27. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.01.001>
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Bigler, E. D., & Tranel, D. (1983). *Neuropsychological Assessment*. Oxford university press.
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Loring, D. W., & Fischer, J. S. (2004). *Neuropsychological assessment*. Oxford University Press, USA.
- Lopez Ramón, M. F., Castro, C., Roca, J., Ledesma, R., & Lupiáñez, J. (2011). Attentional Networks Functioning, Age, and Attentional Lapses While Driving. *Traffic injury*

- prevention, 12, 518-28. doi: 10.1080/15389588.2011.588295.
- Marino, J., & Alderete, A. M. (2009). Variación de la actividad cognitiva en diferentes tipos de pruebas de fluidez verbal. *Revista Chilena de Neuropsicología*, 4(2), 179-192.
- Marino, J., & Díaz-Fajreldines, H. (2011). Pruebas de Fluidez Verbal Catorce, Fonológicas y Gramaticales en la Infancia: Factores Ejecutivos y Semánticos. *Revista Chilena de Neuropsicología*, 6(1), 48-55. <https://doi.org/10.5839/rcnp.2011.0601.08>
- Marino, J., Jaldo, R., Luna, F., Zorza, J. P., & Foa Torres, G. (2015). Executive Functions as Virtual Machines: A New Metaphor for a Neuropsychological Classic Concept. *International Journal of Research in Pharmacy and Biosciences*, 2(5), 38-48.
- Miller, L. T., & Vernon, P. A. (1997). Developmental changes in speed of information processing in young children. *Developmental Psychology*. US: American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.33.3.549>
- Neubauer, A. C. (1990). Speed of information processing in the hick paradigm and response latencies in a psychometric intelligence test. *Personality and Individual Differences*, 11(2), 147-152. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0191-8869\(90\)90007-E](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0191-8869(90)90007-E)
- Peña-Casanova, J., Saladié, D. G., Esparcia, A. J., & Olmos, J. G. (1991). *Normalidad, semiología y patología neuropsicológicas*. Masson.
- Pessoa, L. (2009). How do emotion and motivation direct executive control? *Trends in Cognitive Sciences*, 13(4), 160-166. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2009.01.006>
- Poldrack, R. A. (2006). Can cognitive processes be inferred from neuroimaging data? *Trends in Cognitive Sciences*, 10(2), 59-63. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.12.004>
- Prins, N. D., Van Dijk, E. J., Den Heijer, T., Vermeer, S. E., Jolles, J., Koudstaal, P. J., ... Breteler, M. M. B. (2005). Cerebral small-vessel disease and decline in information processing speed, executive function and memory. *Brain*, 128(9), 2034-2041. <https://doi.org/10.1093/brain/awh553>
- Ríos Lago M., & Periañez Morales J. A. (2010). Attention and Speed of Information Processing. En G. Koob, R. F. Thompson & M. Le Moal (Eds.), *Encyclopedia of Behavioral Neuroscience*. Elsevier
- Roca, J., Castro, C., López-Ramón, M. F., & Lupiáñez, J. (2011). Measuring vigilance while assessing the functioning of the three attentional networks: the ANTI-Vigilance task. *Journal of Neuroscience Methods*, 198(2), 312-324. doi: 10.1016/j.jneumeth.2011.04.014
- Rueda, M. R. (2012). Effortful control. *Handbook of Temperament*, 145-167.
- Rueda, M. R., Conejero, Á., & Guerra, S. (2016). Educar la atención desde la neurociencia Educating Attention from Neuroscience. *Pensamiento Educativo. Revista de Investigación Educativa Latinoamericana*, 53(1), 1-16. <https://doi.org/10.7764/PEL.53.1.2016.3>
- Salazar-Villanea, M., Liebmann, E., Garnier-Villarreal, M., Montenegro-Montenegro, E., & Johnson D. K. (2015). Depressive Symptoms Affect Working Memory in Healthy Older Adult Hispanics. *Journal of Depression & Anxiety*, 4(4) 204. 10.4172/2167-1044.1000204
- Sheldon, S., & Moscovitch, M. (2012). The nature and time-course of medial temporal lobe contributions to semantic retrieval: An fMRI study on verbal fluency. *Hippocampus*, 22(6), 1451-1466. <https://doi.org/10.1002/hipo.20985>
- Shenhav, A., Botvinick, M. M., & Cohen, J. D. (2013). The Expected Value of Control: An Integrative Theory of Anterior Cingulate Cortex Function. *Neuron*, 79(2), 217-240. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2013.07.007>
- Smith, A. (1968). The symbol-digit modalities test: a neuropsychologic test of learning and other cerebral disorders. *Learning Disorders*, 83-91. Retrieved from <http://ci.nii.ac.jp/naid/10029562020/en/>
- Sternberg, R. J. (1978). Intelligence research at the interface between differential and cognitive psychology: Prospects and proposals. *Intelligence*, 2(3), 195-222. [https://doi.org/10.1016/0160-2896\(78\)90017-X](https://doi.org/10.1016/0160-2896(78)90017-X)
- Sugarman, R. (2002). Evolution and executive functions: why our toolboxes are empty? *Revista Española de Neuropsicología*, 4(4), 351-377.
- Townsend, J., Adamo, M., & Haist, F. (2006). Changing channels: an fMRI study of aging and cross-modal attention shifts. *NeuroImage*, 31(4), 1682-92. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.01.045>
- Trenerry, M. R., Crosson, B., DeBoe, J., & Leber, W. R. (1989). *Stroop Neuropsychological Screening Test*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.
- Trenerry, M. R., Crosson, B., DeBoe, J., & Leber, W. R. (1995). *Neuropsychological Screening Test*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.
- Wechsler, D. (1945). A standardized memory scale for clinical use. *The Journal of Psychology*, 19(1), 87-95. <https://doi.org/10.1080/00223980.1945.9917223>
- Werheid, K., Hoppe, C., Thöne, A., Müller, U., Müngersdorf, M., & von Cramon, D. Y. (2002). The Adaptive Digit Ordering Test: Clinical application, reliability, and validity of a verbal working memory test. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 17(6), 547-565.
- Zorza, J., Marino, J., & Acosta Mesas, A. (2015). The influence of effortful control and empathy on perception of school climate. *European Journal of Psychology of Education*, 30(4), 457-472. doi: 10.1007/s10212-015-0261-x.
- Zorza, J., Marino, J., de Lemus, S., & Acosta Mesas, A. (2013). Academic Performance and Social Competence of Adolescents: Predictions based on Effortful Control and Empathy. *The Spanish journal of psychology*, 16, E87. doi: 10.1017/sjp.2013.87.