

Evaluación de la velocidad de procesamiento de la información a través de una prueba de tamizaje “búsqueda de letras - cajero automático”

Edison Vega^{1*}, María del Rosario Lis¹, Daniel Eduardo Gómez Montanelli² y Oscar Agustín Porta¹³

¹*Servicio de Neurología, Hospital Carlos G. Durand. Buenos Aires, Argentina*

²*Universidad de Buenos Aires, Facultad de Psicología. Buenos Aires, Argentina*

³*Universidad de Buenos Aires, Facultad de Medicina. Buenos Aires, Argentina*

Resumen

Se define a la velocidad de procesamiento de la información (VPI) como el tiempo requerido para percibir un estímulo simple y conocido, procesarlo y responder ante él. Su disminución se relaciona con el envejecimiento y ciertas condiciones patológicas. La bibliografía menciona como una de las pruebas “gold standard” a búsqueda de símbolos y clave de números (Weschler Adult Intelligent Scale). El objetivo es describir datos normativos de una prueba experimental, de screening, que permita evaluar la VPI en relación a la edad y el nivel educativo. Método: se incluyeron 118 participantes entre 50 y 87 años, segmentados según nivel educativo. Los criterios de exclusión fueron: analfabetismo, institucionalizados, trastornos visuales severos, tratamiento psicofarmacológico, enfermedad neurológica y/o psiquiátrica con afectación cognitiva. El instrumento consiste en 3 páginas, cada una de las cuales, tiene un código alfabético de tres letras en el centro, que debe ser rastreado individualmente, entre los conjuntos de códigos de 3 letras en los laterales. Se evaluó la precisión y el tiempo requerido para completar la prueba. Resultados: se observó homogeneidad de los datos. La edad y la escolaridad influyeron en la variación del tiempo promedio que un sujeto tarda en responder el test. Resultó significativa la interacción edad-escolaridad. Los errores son homocedásticos y siguen una distribución normal. Conclusiones: los resultados de la prueba fueron diferenciables en su rendimiento de acuerdo con las categorías seleccionadas (edad y nivel educativo). El test diseñado tiene la capacidad de medir la VPI, teniendo como fortalezas su brevedad y características ecológicas.

Palabras clave: velocidad de procesamiento de la información; test de tamizaje; datos normativos

*Correspondencia con los autores: oaporta@hotmail.com

Artículo recibido: 8 de marzo de 2023

Artículo aceptado: 1 de junio de 2023

Abstract

Evaluation of the speed of information processing through a screening test "letter search - automated teller machine. Information processing speed (IPV) is defined as the time required to perceive, process, and respond to a simple and familiar stimulus. Its decrease is related to aging and certain pathological conditions. The bibliography mentions the symbol search and number key (Wechsler Adult Intelligence Scale) as one of the "gold standard" tests. The main objective is to describe normative data from an experimental screening test, that allows the evaluation of IPV in relation to age and educational level. Method: 118 participants between 50 and 8 years old were included. The exclusion criteria were: illiteracy, institutionalized, severe visual disorders, psychopharmacological treatment, neurological and/or psychiatric disease with cognitive impairment. The instrument consists of 3 pages each of which has a three-letter alphabetic code in the center, each of which must be traced between the sets of 3-letter codes on the sides. The accuracy and the time required to complete the test are evaluated. Results: A homogeneity of the data was observed. Age and schooling influenced the variation in the average time it takes a subject to answer the test. The age-educational interaction was significant. The errors are homoscedastic and follow a normal distribution. Conclusions: The results of the test were differentiable in their performance according to the selected categories (age and educational level). The designed test has the capacity to measure IPV, having as strengths its brevity and the ecological aspect.

Key words: speed information processing; screening test; normative data.

1. Introducción

El término velocidad de procesamiento de la información (VPI) puede definirse como una capacidad cognitiva relacionada con el tiempo necesario para percibir y procesar la información y para preparar y ejecutar una respuesta (Ríos & Periañez, 2010). Más específicamente, sería el tiempo necesario que una persona necesita, en igualdad de condiciones ambientales, para percibir un estímulo simple, cotidiano y conocido pero no automatizado, procesarlo y responder a él utilizando sus recursos cognitivos (Subirana-Mirete, 2015). La VPI no es una función atencional per se, sino el resultado de cómo se procesa la información, basado en las propiedades del sistema donde se implementa la cognición, siendo un recurso clave para un adecuado funcionamiento cognitivo (Ríos & Periañez, 2010). En esta definición está implícita la diferencia respecto del proceso atencional simple,

en tanto focalización de la conciencia, y de la memoria de trabajo que opera de manera breve manipulando la información.

La VPI se considera supraordinal, afectando numerosos procesos específicos y no atribuible al funcionamiento de una zona de sustancia blanca (SB) o de sustancia gris (SG) en particular (Kail & Salthouse, 1994; Marino et al., 2019). La SB es un elemento estructural clave debido a que la VPI depende críticamente de la velocidad de conducción nerviosa (Kennedy & Raz, 2009; Penke et al., 2010; Reijmer et al., 2013). Se ha observado que la lesión de ciertas regiones corticales como el área motora suplementaria y el lóbulo frontal derecho pueden estar relacionadas con las variaciones en la velocidad de respuesta (Ríos & Periañez, 2010).

La VPI ha conseguido posicionarse como una entidad cognitiva básica, siendo una de las funciones más sensibles al deterioro cognitivo o al daño cerebral, observándose además que su alteración es heterogénea durante el envejecimiento (Junqué & Jódar, 1990; Rabassa et al., 2011; Subirana-Mirete, 2015), el deterioro cognitivo en adultos mayores (Zimprich & Martin, 2002; Lemke & Zimprich, 2005; Subirana-Mirete, 2015) la demencia (Subirana-Mirete, 2015), la esclerosis múltiple (Kalmar et al., 2004), la enfermedad de Parkinson (Revonsuo et al., 1993; Arroyo et al., 2021), pacientes con lesión cerebral traumática (Madigan et al., 2000; Mathias & Wheaton, 2007), en enfermedad cerebrovascular (Prins et al., 2005; Chwen-Yng et al., 2015; Mahon et al., 2020), en pacientes con epilepsia (Dow et al., 2004; Arrotta et al., 2022), así como en pacientes con depresión (Tsourtos et al., 2002; Nuño et al., 2021) y ansiedad (Goretti et al., 2014). Por lo tanto, esta entidad puede aportar información importante y fiable para conocer la función cognitiva en cada uno de estos estados (Subirana-Mirete, 2015).

La teoría de la velocidad de procesamiento postula que el enlentecimiento relacionado con la edad es la fuente principal de la disminución del rendimiento en las capacidades cognitivas (Salthouse, 1996).

Con respecto a la relación de la VPI con otros procesos cognitivos, se ha planteado que juega un rol importante en la cognición, describiéndose su impacto directo en los procesos cognitivos de orden superior como el razonamiento y la comprensión (Injoque-Ricle et al., 2019). Otros autores (Kail et al., 2015) plantean que la VPI funciona como predictor del razonamiento al actuar como modulador de los ciclos de reconceptualización durante la infancia.

La VPI incide sobre la capacidad de un sujeto para codificar, transformar y recuperar información (Conway et al., 2002), por lo que ha sido vinculada a la capacidad de procesamiento concurrente de la memoria de trabajo (Demetriou et al., 2014), y ha sido asociada fuertemente con medidas de inteligencia general (Engelhardt et al., 2016). Por otro lado, la VPI es importante en la adquisición de la mayoría de habilidades escolares en áreas como lectura (Evans et al., 2001; Floyd et al., 2007) y matemáticas (Taub et al., 2008). Esta hipótesis establece que entre más rápido un sujeto automatice operaciones académicas básicas como el reconocimiento, decodificación de grafemas y uso de símbolos aritméticos básicos, más recursos atencionales y de memoria de trabajo podrán dirigirse a aspectos más complejos del desempeño de la tarea (Evans et al., 2001)

La VPI es uno de los moduladores del desarrollo intelectual, ya que ésta trabajaría como un índice de la eficiencia del cerebro para registrar información y seleccionar una respuesta; según este modelo una mente que es eficiente para registrar y representar información también sería eficiente para aprender a

abstraerla e integrarla de acuerdo con varios sistemas como el razonamiento lógico y la asociación (Demetriou et al., 2014).

Cabe destacar que algunos estudios en cognición social han observado una relación significativa entre una lentificación de la VPI y fallos en cognición social en las personas con esquizofrenia (Deckler, et al., 2018; Torio et al., 2014). Una mayor latencia para el procesamiento e integración de la información multimodal y multisensorial, podría colisionar con los déficits en el procesamiento de la información socioemocional y provocar finalmente un empobrecimiento de las interacciones sociales (Ayesa-Arriola et al., 2016; Cassetta & Goghari, 2016).

En un trabajo donde se analizaron los datos de seis estudios con el mismo programa de entrenamiento de VPI para examinar los mecanismos de ganancia del entrenamiento y el impacto de éste en las habilidades cognitivas y cotidianas de los adultos mayores, se concluyó que el entrenamiento produce mejoras inmediatas en todas las subpruebas del test de campo de visión útil (Useful Field of View, UFOV) particularmente en adultos mayores con déficit inicial de la VPI (Ball et al., 2007).

La evaluación de la VPI plantea un reto porque, como también sucede con otros dominios cognitivos, no es directamente observable. Por tanto, las medidas y los tests que la evalúen son medidas indirectas que intentan cuantificarla (Subirana-Mirete, 2015). Todas estas medidas son variables dependientes del tiempo, sea en la medida del tiempo de respuesta, en el tiempo de presentación de un estímulo a ser percibido o bien en el nombre de respuestas correctas en un intervalo determinado de tiempo (Ball & Vance, 2008).

Algunas de las pruebas neuropsicológicas más extendidas y conocidas que se han utilizado para evaluar la VPI son: Paced Auditory Serial Addition Test (Grönwall, 1977); los subtest de búsqueda de símbolos (BS) y clave de números de la Escala de inteligencia de Wechsler para adultos-III (WAIS-III); Trail Making Test (Reitan, 1958) el Alzheimer's Quick Test: Assessment of Parietal Function (AQT) (Wiig et al., 2002) y el Quick Test of Cognitive Speed (QTCS) que es una adaptación a la población española del AQT (Subirana/ Mirete, 2015) y otras medidas relacionadas con los tiempos de reacción. Estas pruebas valoran la VPI, pero tienen un gran inconveniente: utilizan una gran diversidad de tareas y miden otros constructos y funciones cognitivas como la memoria de trabajo o la atención (Kalmar et al., 2004), por otro lado, resultan poco ecológicas y no todas cuentan con datos normativos actualizados en nuestra población.

Estos aspectos constituyen un punto de partida para crear herramientas de fácil aplicación en el consultorio, pero lo que es más importante aún, es que estas permitan medir la VPI de manera que se trasladen a la vida real.

El objetivo principal de este estudio es describir los datos normativos de una prueba experimental (de screening) práctica, sencilla y ecológica que permita evaluar la VPI. Adicionalmente se plantea como hipótesis si la edad, la escolaridad o ambas influyen en la variabilidad del tiempo total empleado para la resolución del test como indicador de la VPI.

2. Método

Participantes

La muestra de participantes fue obtenida de forma intencional donde se excluyeron del estudio a sujetos analfabetos, institucionalizados, con trastornos visuales severos, personas en tratamiento psicofarmacológico, con diagnóstico clínico de condición orgánica o psiquiátrica con afectación de la esfera cognitiva: ACV, enfermedades neurodegenerativas (Enfermedad de Parkinson, Enfermedad de Alzheimer, esclerosis múltiple), ansiedad, depresión y epilepsia.

La muestra quedó conformada por 118 sujetos entre 50 y 87 años de edad, media de edad 69.23 años, quienes fueron evaluados en el consultorio de la sección de neurología del hospital Carlos G. Durand de la ciudad de Buenos Aires. Todos los participantes residían en el área metropolitana de Buenos Aires. Se analizaron las variables edad y años de escolaridad. La variable edad se dividió en cuatro categorías: 50-60 años, 61-70 años, 71-80 años y mayores de 81 años. La variable años de escolaridad se dividió en 3 categorías: 2-7 años, 8-11 años y 12 años o más.

Los participantes fueron informados de forma comprensible y completa del marco, los objetivos y la previsión de difusión de los resultados del estudio.

Materiales

Se elaboró un instrumento, el cual consiste en 3 láminas impresas (réplicas). Se definió en tres el número de réplicas con el objetivo de disminuir el error en la medición de la VPI, cada una de las cuales, tiene un código alfabético (tres letras) dispuestas en un renglón en el centro de la página, rodeado a ambos lados de cuatro renglones, cada uno de ellos contiene a su vez un código alfabético distinto de tres letras (distintos entre sí y al código del renglón central) (ver Figura 1).

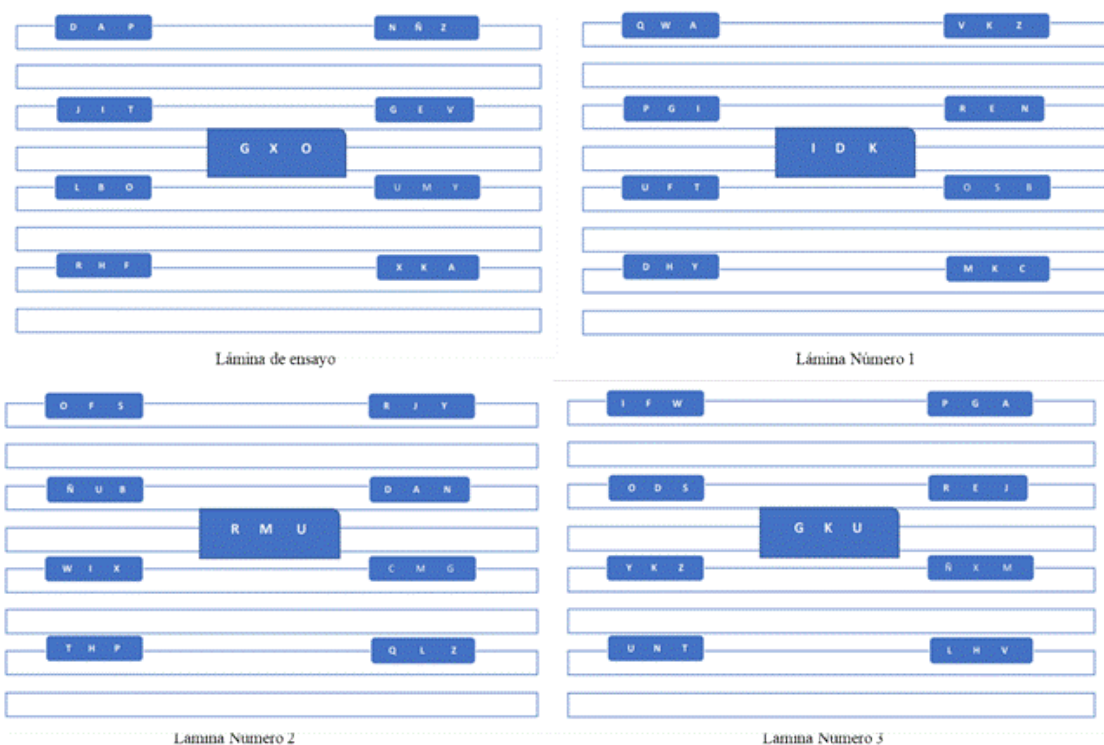


Figura 1. Láminas del test “búsqueda de letras - cajero automático”

Procedimiento

Se le da la consigna al sujeto, se le pide que complete la primera lámina -que no se computa- para saber si comprendió bien la consigna, y en caso afirmativo se le entregan las siguientes láminas tomando el tiempo total para su evaluación.

Administración

Consigna: Le voy a mostrar una hoja que tiene en la parte central un código de 3 letras. Usted debe leerlo y luego, señalar con su dedo, en el menor tiempo posible, cada una de las letras, en ese mismo orden, en alguno de los códigos que están alrededor. Cada letra del código central se encuentra sólo en alguno de los códigos que están alrededor, como si usted estuviera seleccionando el código alfabético de un cajero automático. Por favor, empiece con la primera lámina

Evaluación

Consiste en calcular el tiempo total de administración del test que consiste en la medición del tiempo en segundos (utilizando para ello el examinador un cronómetro) que emplea el participante en resolver cada ejercicio por separado para luego establecer un promedio.

Análisis de datos

Se compararon los resultados obtenidos con la media y la desviación estándar. Posteriormente se realizó un análisis de varianza factorial 4x3, en donde el primer factor correspondió a la edad con cuatro niveles (grupos) y el segundo factor a la cantidad de años de escolaridad que presenta tres niveles (grupos), realizando una evaluación inicial de los supuestos del modelo mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y la prueba de homogeneidad de la varianza de Bartlett, mediante el uso del paquete lm4 en el software para análisis estadístico R y su entorno de desarrollo Rstudio

3. Resultados

Basado en el modelo lineal general, resultó significativa la interacción edad - escolaridad con un p-value < 0,05 y un coeficiente de determinación (R²) de 0.83, es decir, que estas variables logran explicar en un 83 % la variabilidad del tiempo promedio que los sujetos tardan responder el test. Por otro lado, al evaluar la bondad de ajuste del modelo, los errores son homocedásticos y siguen una distribución normal.

La Tabla 1 evidencia la homogeneidad de los datos, puesto que en ningún grupo la desviación estándar supera a la media. Se observó adicionalmente que el tiempo requerido fue mayor en el grupo de 81 años o más y con escolaridad entre 2 y 7 años.

Tabla 1. Estadística descriptiva por categorías

Edad (años)	Escolaridad (años)	Media (s.)	Desviación estándar (s.)
50-60	2-7	11,5	3,7
	8-11	10,4	4,5
	≥12	7,8	1,6
61-70	2-7	17,7	6,3
	8-11	12,9	3,4
	≥12	11,6	5,2
71-80	2-7	20,6	9,7
	8-11	15,0	4,0
	12	14,9	5,2
> 81	2-7	29,1	18,1
	8-11	11,7	1,2
	≥12	13,0	4,2

Cada uno de los grupos de edad muestra un comportamiento del tiempo empleado en el ejercicio con cierta similitud en cuanto a la escolaridad. Como se observa en la Figura 2, en donde el grafico de caja generado sólo parece mostrar una mayor variabilidad en los sujetos de estudio de 81 años o más, por otra parte, al observar las medias presentes en cada una de las cajas (línea horizontal interna en cada caja) se muestra que las mismas son mayores en el grupo de escolaridad entre 2 y 7 años, disminuyendo el valor del tiempo al incrementar los años de escolaridad en relación a cada grupo de edad.

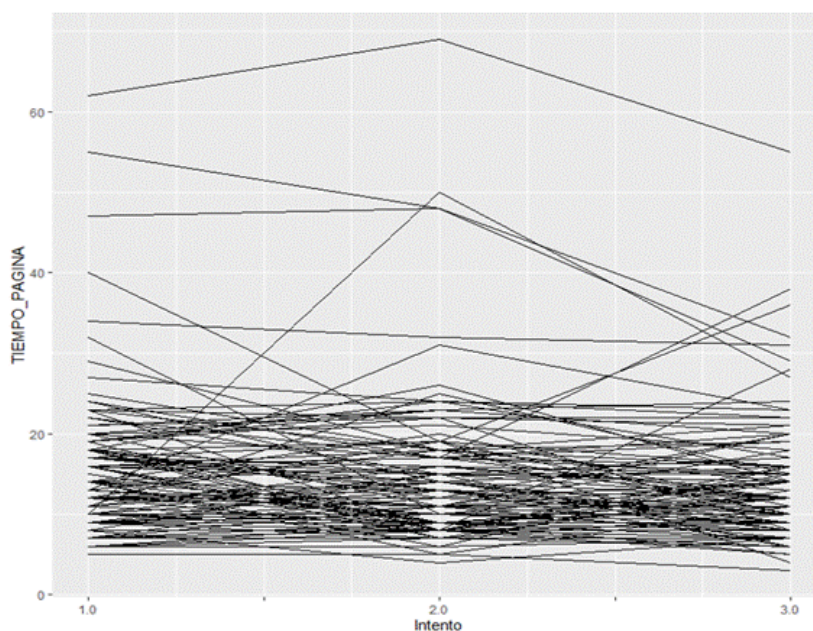


Figura 2. Tiempo que cada sujeto empleo para resolver cada una de las réplicas del ejercicio

En relación al análisis del comportamiento del tiempo según las categorías, se observa que aquellos sujetos con una escolaridad entre 2 y 7 años, sin importar la edad, registraron mayor tiempo en resolver el test, además que, en escolaridad superior a 8 años, para las diferentes categorías de edad, muestran un comportamiento diferente del tiempo para realizar el test (Figura 3).

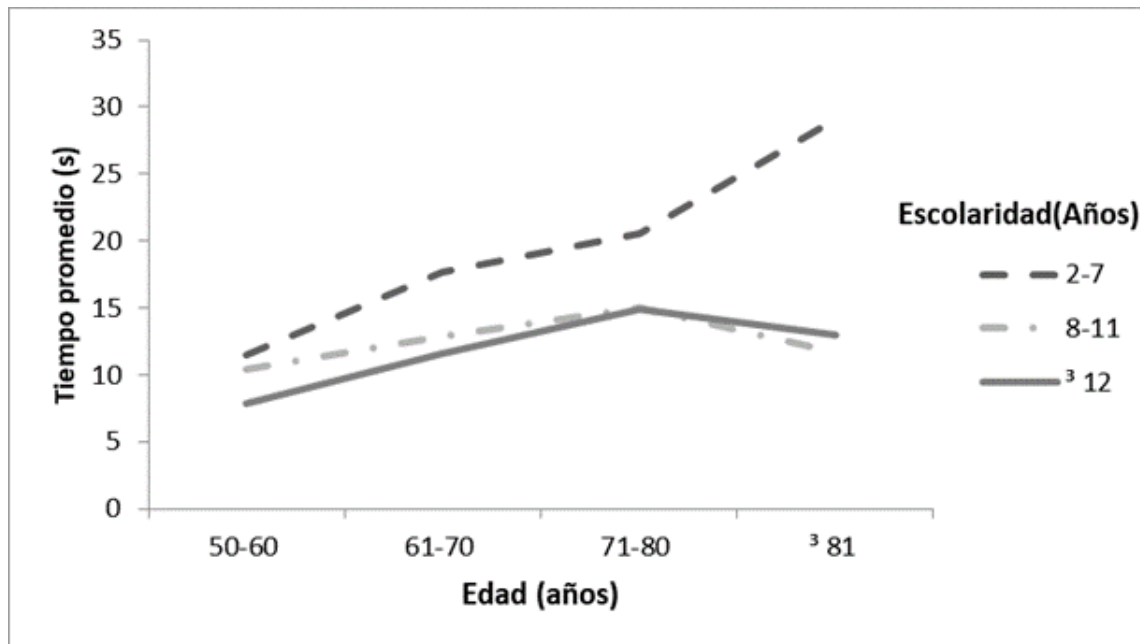


Figura 3. Variación de Tiempo que cada sujeto empleó para resolver el test según la categoría.

4. Discusión

El planteo inicial fue analizar la VPI a través de un instrumento sencillo y ecológico en pacientes cognitivamente normales, independientes para todas las actividades de la vida diaria y sin antecedentes clínicos ni psicológicos de interés. Para ello nos formulamos las siguientes hipótesis:

1°: La edad influye en la variabilidad del tiempo del ejercicio como indicador de la VPI. 2°: La escolaridad influye en la variabilidad en el tiempo del ejercicio como indicador de la VPI.

3°: La edad y la escolaridad influyen en la variabilidad del tiempo del ejercicio como indicador de la VPI.

Los resultados obtenidos en la presente investigación van a favor de la hipótesis 3, lo que indica que la variación de la edad y la escolaridad influyen en la variación del tiempo promedio que un sujeto demora en responder el test.

En relación a la edad, nuestros resultados concuerdan con lo descrito en la literatura, en donde la disminución de la VPI ha sido atribuida a procesos relacionados con el envejecimiento (Junqué & Jódar, 1990; Salthouse, 2000; Rabassa et al., 2011; An et al., 2018; Marino et al, 2019).

Jacobson et al, 2004, utilizaron los tests automáticos de denominación rápida incluidos en el Test Rápido de Alzheimer (AQT) para comparar el rendimiento de

varios estímulos (uni y bidimensionales) en sujetos normales. Estos observaron que la edad se correlacionó significativamente con un tiempo de denominación automático rápido para cada estímulo unidimensional y para ciertos estímulos bidimensionales.

En cuanto a la escolaridad, Marino y colaboradores (2019), describieron que el rendimiento máximo en pruebas para medir VPI se logra entre los 30-50 años, de forma independiente del rendimiento académico, así los mayores lograron un rendimiento medio en VPI cuando tenían a su vez un rendimiento académico avanzado, mientras que los jóvenes tuvieron una dispersión notable, resultando evidente que las personas adultas tenían un almacén semántico más amplio que los jóvenes.

A diferencia de nuestros resultados, Torrens-Burton y colaboradores (2017), estudiaron las relaciones entre dos medidas de VPI asociadas con la función ejecutiva (Trail making test A y B y una prueba de búsqueda visual basada en computadora), la dificultad percibida de las tareas y la función de la memoria percibida (medida por el Cuestionario de funcionamiento de la memoria). En adultos mayores de 50 años con cognición y estado de ánimo normal (eutímicos) encontraron que para las pruebas A y B del Trail making test, el nivel educativo no se asoció significativamente con la VPI. No obstante, para la tarea de búsqueda visual, el nivel educativo tampoco se relacionó significativamente con el nivel de rendimiento subjetivo de la memoria, pero un mayor nivel de educación se asoció con mayores niveles de dificultad percibida de la tarea, además, el nivel educativo se correlacionó de manera significativa con la VPI para el objetivo más condición de distractor.

Los resultados muestran que las categorías establecidas para medir el tiempo como indicador de VPI son adecuadas. Este instrumento tiene la capacidad de medir eficientemente la VPI, siendo una herramienta de fácil empleo, rápida de realizar y especialmente ecológica, lo que representa una ventaja respecto a otros tests. Una limitación de este instrumento es que no todas las personas, especialmente las de mayor edad se encuentran familiarizadas con el uso del cajero automático. Este estudio constituye un primer paso, para a futuro realizar una validación concurrente con aquellos tests conocidos y adoptados como “gold standard”.

Bibliografía

An, Y., Feng, L., Zhang, X., Wang, Y., Wang, Y., Tao, L., & Xiao, R. (2018). Patterns of cognitive function in middle-aged and elderly Chinese adults-findings from the EMCOA study. *Alzheimer's Research & Therapy*, 10(1), 93. doi: 10.1186/s13195-018-0421-8.

Arrotta, K., Reyes, A., Kaestner, E., McDonald, C.R., Hermann, B.P., Barr, W.B., Sarmey, N., Sundar, S., Kondylis, E., Najm, I., Bingaman, W., Busch, R.M. (2022). Cognitive phenotypes in frontal lobe epilepsy. *Epilepsia*, 63(7), 1671-1681. doi: 10.1111/epi.17260.

Arroyo, A., Periañez, J.A., Ríos-Lago, M., Lubrini, G., Andreo, J., Benito-León, J., Louis E.D., Romero J.P. (2021). Components determining the slowness of

information processing in parkinson's disease. *Brain and Behavior*, 11(3), 1-9 e02031. doi: 10.1002/brb3.2031.

Ayesa-Arriola, R., Setién-Suero, E., Neergaard, K.D., Ferro, A., Fatjó-Vilas, M., Ríos-Lago, et al. (2016). Evidence for trait related theory of mind impairment in first episode psychosis patients and its relationship with processing speed: a 3 year follow-up study. *Frontiers in psychology*, 7, 592. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00592>.

Ball, K., Edwards, J.D., Ross, L.A. (2007). The impact of speed of processing training on cognitive and everyday functions. *The journals of gerontology. Series B, Psychological sciences and social sciences*, 62B(Spec1), 19-31. doi: 10.1093/geronb/62.special_issue_1.19.

Ball, K.K. and Vance, D.E. (2008). Everyday life applications and rehabilitation of processing speed deficits: aging as a model for clinical populations. In J. DeLuca & J. H. Kalmar (Eds.), *Information processing speed in clinical populations* (pp. 243-263). New York: Taylor & Francis.

Cassetta, B. D. y Goghari, V. M. (2016). Working memory and processing speed training in schizophrenia: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 17(1), 49. <https://doi.org/10.1186/s13063-016-1188-5>

Chwen-Yng, S., Yee-Pay, W., Yueh-Hsien, L., Jui-Hsing, S. (2015). The Role of Processing Speed in Post-Stroke Cognitive Dysfunction. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 30(2), 148–160. doi:10.1093/arclin/acu057e.

Conway, A. R. A., Cowan, N., Bunting, M. F., Theriault, D. J., & Minkoff, S. R. B. (2002). A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence*, 30(2), 163-183. doi: 10.1016/S0160-2896(01)00096-4.

Deckler, E., Hodgins, G., Pinkham, A., Penn, D., y Harvey, P. D. (2018). Social Cognition and Neurocognition in Schizophrenia and Healthy Controls: Intercorrelations of Performance and Effects of Manipulations Aimed at Increasing Task Difficulty. *Frontiers in Psychiatry*, 9, 356. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00356>

Demetriou, A., Spanoudis, G., Shayer, M., Ven, S. van der, Brydges, C. R., Kroesbergen, E., ... & Swanson, H. L. (2014). Relations between speed, working memory, and intelligence from preschool to adulthood: Structural equation modeling of 14 studies. *Intelligence*, 46, 107-121. doi: 10.1016/j.intell.2014.05.013

Dow, C., Seidenberg, M., Hermann, B. (2004). Relationship between information processing speed in temporal lobe epilepsy and white matter volume. *Epilepsy and Behavior*, 5(6), 919-25. doi: 10.1016/j.yebeh.2004.08.007.

Engelhardt, L. E., Mann, F. D., Briley, D. A., Church, J. A., Harden, K. P., & Tucker-Drob, E. M. (2016). Strong genetic overlap between executive functions and intelligence. *Journal of Experimental Psychology: General*, 145(9), 1141-1159. doi: 10.1037/xge0000195.

Evans, J.J., Floyd, R.G., McGrew, K.S., & Leforgee, M.H. (2001). The relations between measures of Cattell-Horn-Carroll (CHC) cognitive abilities and Reading

achievement during childhood and adolescence. *School Psychology Review*, 31(2), 246-262. doi: 10.1002/pits.10083.

Floyd, R.G., Keith, T.Z., Taub, G.E., & McGrew, K.S. (2007). Cattell-Horn-Carroll Cognitive abilities and their effects on Reading decoding skills: g has indirect effects, more specific abilities have direct effects. *School Psychology Quarterly*, 22(2), 200-233. doi: 10.1037/1045-3830.22.2.200.

Goretti, B., Viterbo, R.G., Portaccio, E., Nicolai, C., Hakiki, B., Piscolla, E., Iaffaldano, P., Trojano, M., Amato, M.P. (2014). Anxiety state affects information processing speed in patients with multiple sclerosis. *Journal of the Neurological Sciences*, 35(4), 559-63. doi: 10.1007/s10072-013-1544-0.

Grönwall, D.M. (1977). Paced auditory serial-addition task: a measure of recovery from concussion. *Perceptual and Motor Skills*, 44(2), 367-73. doi: 10.2466/pms.

Jacobson J.M., Nielsen N.P., Minthon L., Warkentin S., Wiig E.H. (2004). Multiple rapid automatic naming measures of cognition: normal performance and effects of aging. *Percept Mot Skills*, 98 (3 Pt 1), 739-53. doi: 10.2466/pms.98.3.739-753.

Junqué, C., Jódar, M. (1990). Velocidad de procesamiento cognitivo en el envejecimiento. *Anales de psicología*, 6(2), 199-207.

Kail, R., Salthouse, T.A. (1994). Processing speed as a mental capacity. *Acta Psychologica*, 86(2-3), 199-225. doi: 10.1016/0001-6918(94)90003-5.

Kalmar, J.H., Bryant, D., Tulskey, D., DeLuca, J. (2004). Information processing speed deficits in multiple sclerosis. Does choice of screening instrument make a difference? *Rehabilitation Psychology*, 49(3), 213-218. doi: 10.1037/0090-5550.49.3.213.

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.

Lemke, U., Zimprich, D. (2005). Longitudinal changes in memory performance and processing speed in old age. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 12, 57-77.

Madigan, N.K., DeLuca, J., Diamond, B.J., Tramontano, G., Averill, A. (2000). Speed of information processing in traumatic brain injury: modality-specific factors. *The Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 15(3), 943-56. doi: 10.1097/00001199-200006000-00007

Mahon, S., Faulkner, J., Barker-Collo, S., Krishnamurthi, R., Jones, K., Feigin, V. (2020). Slowed Information Processing Speed at Four Years Poststroke: Evidence and Predictors from a Population-Based Follow-up Study. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 29(2), 104513.

Marino, J., Cruz Arias, J., Abusamra, V., Foa Torres, G., Kozina, Z. (2019). Velocidad de procesamiento de la información en pruebas neuropsicológicas clásicas e influencia de la edad. *Revista Neuropsicología Latinoamericana*, 11(3), 15-22.

- Mathias, J.L., Wheaton, P. (2007). Changes in attention and information-processing speed following severe traumatic brain injury: a meta-analytic review. *Neuropsychology*, 21(2), 212-23. doi: 10.1037/0894-4105.21.2.212.
- Nuño, L., Gómez-Benito, J., Carmona, V.R., Pino, O. (2021). A Systematic Review of Executive Function and Information Processing Speed in Major Depression Disorder. *Brain Sciences*, 11, 147. doi:10.3390/brainsci11020147.
- Penke, L., Muñoz Maniega, S., Murray, C., Gow, A.J., Hernández, M.C., Clayden, J.D., Starr, J.M., Wardlaw, J.M., Bastin, M. E., Deary I.J. (2010). A general factor of brain white matter integrity predicts information processing speed in healthy older people. *The Journal of Neuroscience*, 30(22), 7569 –7574. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1553-10.2010.
- Prins, N. D., Van Dijk, E. J., Den Heijer, T., Vermeer, S. E., Jolles, J., Koudstaal, P. J., Breteler, M. M. (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>.
- Rabassa, O., Subirana Mirete, J., Puyuelo Sanclemente, M., Virgili Tejedor, C., Villalta Gil, V., y Sara Signo, M. (2011). Velocidad de procesamiento de la información como medida para la valoración del deterioro cognitivo. Estudio preliminar. *Alzheimer. Realidades e investigación en demencia*, 47, 33-39.
- Reijmer, Y.D., Leemans, A., Brundel, M., Kappelle, L.J., Biessels, G.J. Utrecht Vascular Cognitive Impairment Study Group. (2013). Disruption of the cerebral white matter network is related to slowing of information processing speed in patients with type 2 diabetes. *Diabetes*, 62(6), 2112-5. doi: 10.2337/db12-1644.
- Reitan, R.M. (1958). Validity of the Trail Making Test as an Indicator of Organic Brain Damage. *Perceptual and Motor Skills*, 8, 271-276. doi.org/10.2466/pms.1958.8.3.271.
- Revonsuo, A., Portin, R., Koivikko, L., Rinne, J.O., Rinne, U.K. (1993). Slowing of information processing in Parkinson's disease. *Brain and Cognition*, 21(1), 87-110. doi: 10.1006/brcg.1993.1007.
- Ríos Lago, M. and 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* (pp. 109-117). Oxford: Elsevier.
- Salthouse, T. A. (2000). Aging and measures of processing speed. *Biological Psychology*, 54, 35–54.
- Subirana-Mirete, J. (2015). Valoració del deteriorament cognitiu a través de la velocitat de processament. Adaptació de la prova 'Quick Test of Cognitive Speed (QTCS). (Tesis doctoral). Barcelona: Universitat Ramon Llull.
- Taub, G.E., Floyd, R.G., Keith, T.Z., & McGrew, K.S. (2008). Effects of general and broad cognitive abilities on mathematics achievement. *School Psychology Quarterly*, 23(2), 187-198. doi: 10.1037/1045-3830.23.2.187.
- Torio, I., Bagny, A., Dompablo, M., Campillo, M.J., García-Fernández, L., RodríguezTorresano, J., et al. (2014). Neurocognition, social cognition and functional outcome in Schizophrenia. *Eur. J. Psychiat.*, 28 (4), 201-211.

Torrens-Burton A., Basoudan N., Bayer A.J., Tales A. (2017). Perception and Reality of Cognitive Function: Information Processing Speed, Perceived Memory Function, and Perceived Task Difficulty in Older Adults. *J Alzheimers Dis.* 60(4), 1601-1609. doi: 10.3233/JAD-170599.

Tsourtos, G., Thompson, J.C., Stough, C. (2002). Evidence of an early information processing speed deficit in unipolar major depression. *Psychological Medicine*, 32(2), 259-65. doi: 10.1017/s0033291701005001.

Wechsler, D. (1997). *Wechsler Adult Intelligence Scale – third edition*. San Antonio TX: The Psychological corporation.

Wiig, E.H., Nielsen, N.P., Minthon, L. and Warkentin, S. (2002). *Alzheimer's Quick Test: Assessment of Parietal Function*. San Antonio TX: The Psychological corporation.

Zimprich, D. and Martin, M. (2002). Can longitudinal changes in processing speed explain longitudinal age changes in fluid intelligence? *Psychology and Aging*, 17(4), 690–695.