

Sistema automatizado para el estudio de la memoria visual de corto plazo

Javier Rodríguez Suárez,¹ Germán Fajardo Dolci,² Pilar Mata Miranda³

RESUMEN

La memoria de corto plazo se ha considerado como un conjunto de capacidades cognitivas mediante las cuales los seres humanos retienen información, lo que permite la reconstrucción de experiencias anteriores, generalmente para propósitos que se les presentan en la vida diaria. Se ha estudiado mediante la aplicación de diferentes escalas, pero hasta el momento se le ha dado poca importancia a su exploración automatizada. Este trabajo describe una prueba accesible para examinar diferentes aspectos de la memoria visual de corto plazo. Los procesos memorísticos que son evaluados por esta versión de programa independiente son similares a otras pruebas como la que se realiza con la subescala de dígitos de Wais. El próximo paso es la validación del programa mediante la realización de pruebas y análisis para determinar si en su conjunto funciona de manera correcta y consistente, de acuerdo con las especificaciones y requerimientos del sistema.

Palabras clave: Memoria de corto plazo, subescala de retención de dígitos de Wais, sistema automatizado.

ASPECTOS GENERALES

La memoria de corto plazo, también denominada "primaria" y "activa", ha sido conceptuada como aquella parte de la memoria que almacena una cantidad limitada de información por un periodo corto de

ABSTRACT

Short term memory is a label for a diverse set of cognitive capacities by which humans retain information and permits reconstruction of past experiences, usually for present purposes. It has been studied generally through different measurement scales but little importance has been given to the automated exam. This paper describes a memory test designed to provide adult individuals with a readily accessible and affordable means to screen aspects of their visual short term memory. The types of memory processes that are assessed with this stand-alone version are similar to other tests like Wais retention digits subscale. Next step is software validation through the performance of tests and analyses to determine whether the fully integrated computer software operates correctly, completely and consistently with system specifications and requirements.

Key words: Visual short term memory, Wais retention digits subscale, automated exam.

tiempo. La información contenida en esta memoria puede haber sido recientemente procesada después de su introducción sensorial, contener datos recientemente recuperados de la memoria de largo plazo, o ser el resultado de un proceso mental momentáneo. La memoria de corto plazo es de la mayor relevancia, ya que permite el aprendizaje al retener inicialmente la información que más adelante será seleccionada y utilizada para incorporarse a la de largo plazo. Su alteración inhibe el proceso anterior, con la imposibilidad de retener aun por segundos o fracciones de los mismos nueva información, como sucede en la enfermedad de Alzheimer.¹ Algunos autores, como Cameron,² proponen que la activación de la memoria de largo plazo proporciona una base representacional para la memoria verbal semántica de corto plazo sin la

¹ Director de Enseñanza.

² Director General.

³ Subdirectora de Investigación.

Hospital General Dr. Manuel Gea González

Correspondencia:

Dr. Javier Rodríguez Suárez.

Dirección de Enseñanza. Hospital General Dr. Manuel Gea González
 Secretaría de Salud. Calzada de Tlalpan Núm. 4800. Col. Torielo Guerra, México, D. F. 14000. Tel. 56 65 20 65.

E-mail: sabinasjrs@yahoo.com.mx

cual ésta no puede funcionar; sin embargo, también intervienen otros factores relevantes como la retroalimentación y el almacén fonológico, considerados como parte del control del proceso.^{3,4}

Lo anterior tiene la mayor trascendencia cuando se trata de aislar la memoria de corto plazo de dicha activación semántica, aplicando ítems que no tengan mayor significado para los sujetos, situación que ha dado lugar a pruebas que presentan información aparentemente sin significado.⁵ A pesar de esto, el sujeto siempre tratará de contextualizar al máximo la información para hacerla significativa, según se anota en el modelo del bucle fonológico propuesto por Baddeley, que aduce que todo estímulo sensorial es codificado a lenguaje con significado.⁶

Un punto de partida importante para el estudio de los aspectos anteriores, han sido las contribuciones de George Miller, quien propuso, con un enfoque reductivo pero realista, que la memoria de corto plazo tiene capacidad para almacenar aproximadamente 7 ítems o el equivalente a 2.3 bits, independientemente de los aspectos anotados.⁷ Algo que hace una diferencia importante en esta perspectiva, es que la tarea de memorización es más fácil cuando los dígitos tienen sentido o cuando constituyen parte de una fecha, un número de teléfono, etc. Este concepto fue referido por este autor como "chunking" (segmentación), y su importancia educativa ha sido estudiada por diversos autores que ponen énfasis en la carga cognitiva y forma de presentación de los contenidos.^{8,9} Una propuesta en la que se hace un esfuerzo de mayor control es el estudio de dígitos que ha sido incorporado en algunas pruebas psicológicas como la escala de inteligencia de adultos de Wais.¹⁰

Es relevante mencionar que la habilidad cognitiva general está limitada por la capacidad del canal de la memoria de corto plazo y que es la ruta que sigue la información en su transmisión entre su fuente y el receptor.¹¹ En algunas investigaciones se ha visto que no siempre existe correlación entre la carga de dígitos y la eficiencia en el procesamiento de la información, lo cual se ha demostrado en estudios en que los sujetos con mayor retención de dígitos pueden mostrar también mayor olvido, cuando se agrega una demanda de procesamiento concurrente.¹²

De capital importancia es el hecho de que los resultados reportados en la literatura son variados y dependen en gran parte del contexto en el cual se desarrollan los estudios, así como de los modelos e

instrumentos de medición utilizados,^{13,14} máxime cuando se agregan variables como las interferencias. Otro aspecto relevante en la estructuración de modelos de trabajo es la estandarización en cuanto a la duración de los intervalos entre la administración de los estímulos que varían, desde fracciones de segundo hasta los dos segundos, antes o después de lo cual tanto las estructuras de memoria como sus diferentes mecanismos de acción pueden disminuir su eficiencia.¹⁵⁻¹⁷

LA MEMORIA VISUAL

El sistema visual permite la percepción de estímulos que van a formar parte de la representación que cada uno tiene del mundo. Las escenas visuales que se perciben pueden mantenerse por fracciones muy pequeñas de tiempo, ya que compiten con otras que continuamente se siguen presentando, cada una acompañándose de un mensaje o estímulo significativo y otras que pueden actuar como interferencia. Esta memoria visual de corto plazo es esencial para la ejecución de funciones seriales perceptuales y cognitivas. Es importante señalar que algunos estudios han reportado mejor recuperación de imágenes y palabras habladas que con palabras impresas, pensándose que bajo condiciones normales la presentación de estas últimas recibe menos atención procesal que las imágenes y palabras expresadas verbalmente.¹⁸ Estos conceptos repercuten también en el efecto del bucle fonológico en que los estímulos visuales también activan un sistema que permite que el sujeto convierta imágenes en significados que más adelante podrán intervenir de manera activa en el proceso de retención.¹⁹

Un efecto que se observa en la práctica y que apoya el concepto de Baddeley es la confusión semántica que puede causar algunos estímulos visuales en el proceso de aprendizaje, cuando tienen mayor similitud; ejemplo de ello es la dificultad para la retención de dígitos muy parecidos en contraste con otro grupo poco semejante y que puede ser utilizado como componente de las interferencias, como se verá más adelante. Los modelos actuales postulan una separación entre los procesos que apoyan a la memoria para la identificación de objetos y aquellos que se requieren para la retención de órdenes seriales mediante presentación de estímulos auditivos y visuales en forma alterna.^{20,21}

Se piensa que tanto la atención como la memoria de corto plazo visual tienen una capacidad limitada de cuatro ítems; sin embargo, algunos estudios han probado que se pueden retener hasta el doble, simultáneamente, cuando son separados entre dos hemicampos visuales,²² hecho que hace pensar en la variabilidad de las situaciones y las respuestas de la memoria de corto plazo. En relación con su duración, algunos estudios como los de Sperling²³ sugieren que solamente una pequeña cantidad de información se almacena después de ver brevemente una imagen. Este investigador encontró que los sujetos pueden recordar solamente 4.3 letras en promedio, sin importar el tiempo que vieron matrices de letras de diferente tamaño. Posteriormente, otros investigadores²⁴ encontraron que solamente cuatro objetos integrados, tales como cajas de color, son recordados en tareas de detección de cambios. Sin embargo, Álvarez y Cavanagh²⁵ han sugerido que la capacidad de la memoria visual de corto plazo no está limitada por el número de objetos, sino más bien por la carga de información que tiene cada uno de ellos. Mientras mayor sea la carga informativa que tengan, se retendrá una menor cantidad de la misma. En este sentido, los mismos autores encontraron una relación lineal entre la carga informativa de una clase de objetos y el número de los mismos que pueden ser retenidos en forma confiable por la memoria visual de corto plazo. De lo anterior se desprende la necesidad de realizar estudios que confirmen estos hallazgos y otros en que se varíe el tipo y cantidad de información que pueda influir en la retención. Esto es relevante desde el punto de vista de las presentaciones que ven frecuentemente los alumnos en clases convencionales en que los objetos frecuentemente tienen demasiada carga informativa, como sucede con los esquemas anatómicos, radiológicos, etc., y que duran muy poco tiempo en pantalla para su lectura y memorización.

LAS INTERFERENCIAS

El proceso y almacenamiento de información que se da en la memoria de corto plazo puede ser alterado de diferentes maneras. Una de ellas es a través de diferentes tipos de interferencias, en las que se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

- Asumir que nuevas asociaciones pueden interferir con las anteriores o que recuerdos anteriores pueden interferir con los nuevos.²⁸

- Aceptar que la interferencia subyace como causa del olvido en la memoria de corto plazo.²⁹
- Incluir otros factores, como el decaimiento o la presencia de cargas cognitivas exageradas, que también pueden funcionar como interferencias.³⁰

Se reconocen tres tipos de interferencia:

- Retroactiva. Cuando lo aprendido en forma reciente interfiere con lo aprendido previamente.³¹
- Preactiva. Cuando el aprendizaje anterior interfiere con el nuevo.³²
- Simultánea o concurrente. Cuando la interferencia se presenta junto con el estímulo e interfiere con su retención.³³

Existen múltiples posibilidades de presentación de las interferencias, pero debe tomarse en cuenta que su influencia puede ser disminuida por el uso de mecanismos fonológicos. Por esta razón, una buena cantidad de trabajos se han orientado a aislar al máximo la intervención de estrategias verbales que puedan incrementar la retención cuando se administran interferencias. Para evitar el efecto de dichos mecanismos, se utilizan tareas supresoras de memoria-articulación que se administran en forma simultánea con la tarea visual,³⁴⁻³⁸ mismas que pueden verse como mecanismos de interferencia concurrentes y no concurrentes como lo señalan diferentes autores.³⁹⁻⁴¹ También se debe tomar en cuenta que en estas pruebas frecuentemente interviene el factor de decaimiento, asociado funcionalmente con diferentes mecanismos de interferencia.⁴² La interferencia visual-espacial también puede producirse por conversaciones irrelevantes y por estímulos visuales específicos.⁴³ Se considera además, que las interferencias concurrentes y las no concurrentes pueden funcionar tanto en sentido proactivo como retroactivo; esto es, una interferencia que se presenta antes de un dígito intermedio de una serie puede tener un efecto tanto hacia delante como hacia atrás. De esta manera podrá interferir en una prueba tanto con dígitos que se presentaron previamente, como con aquellos que se presentaron inmediatamente después. Además, es importante la distinción entre la memoria visual de reconocimiento de aquella que implica una retención de órdenes seriales que no solamente requiere la retención de dígitos como símbolos o representaciones fonológicas, sino

que también implica el recordar un orden establecido de los mismos.⁴⁴ Por lo anterior, se tiende a evitar en la medida de lo posible, esa asociación entre tareas verbales y visuales, utilizando diferentes mecanismos como las diferencias temporales, así como la carga y tipo de los distractores que se presentan.⁴⁵ Por este motivo, algunos modelos incluyen interferencias para retención de dígitos enunciados verbalmente o para sonidos, lectura, operaciones matemáticas y pruebas visuo-espaciales, entre otras,⁴⁶⁻⁵¹ lo que en algunos casos ha sido estudiado de manera automatizada por medios computarizados. En este sentido, son relevantes los estudios de la memoria visual de corto plazo, en que se utilizan medios computacionales que cada vez han recibido mayor atención, aun cuando todavía su aplicación no se encuentre muy extendida.⁵²⁻⁵⁵

APLICACIONES EN LA EDUCACIÓN MÉDICA

El estudio de la memoria, específicamente la de corto plazo, no tendría sentido si no se vinculara con sus aplicaciones en el contexto educativo. De esta manera, es importante mencionar que conforme se ha incrementado el uso de contenidos electrónicos en la enseñanza de la medicina, los estudios relacionados con la retención, así como con la carga cognitiva y su papel en el aprendizaje, también han tenido mayor presencia en las publicaciones de la materia. Algunos rubros estudiados son los siguientes:

- Anatomía: sobrecarga cognitiva en visualizaciones interactivas.^{56,57}
- Farmacología: uso de diapositivas simbólicas para incrementar la retención.⁵⁸
- Desarrollo de habilidades quirúrgicas: uso de simuladores visuales para entrenamiento quirúrgico.⁵⁹
- Radiología: déficit en la enseñanza de la radiología por un enfoque de detalle en lugar de enseñar principios.⁶⁰
- Desarrollo de habilidades clínico-quirúrgicas en pediatría: simulador computarizado para resuscitación neonatal.⁶¹
- Retención, utilizando medios audiovisuales: comparación entre niveles de retención obtenidos entre el uso de medios audiovisuales simples y animaciones por computadora.⁶²

MODELOS NO AUTOMATIZADOS PARA EL ESTUDIO DE LA MEMORIA DE CORTO PLAZO

Son múltiples las escalas e inventarios que se han utilizado para el estudio de la memoria; sin embargo, con frecuencia son parte integrada de pruebas más generales de naturaleza psicométrica, de inteligencia o incluyen el examen de la memoria, basado en reconocimiento facial entre otras posibilidades.⁶³⁻⁶⁸ Su exploración más frecuente se realiza mediante la aplicación de cuestionarios, sea por autoadministración o mediante un aplicador, como es el caso de la escala de inteligencia de Wais con subescala de dígitos para administración verbal. Es en ésta en la que se basa el sistema automatizado que se describe en este trabajo y por lo cual se hará una breve descripción de la misma.

Esta subescala explora tanto la retención de dígitos progresivos como inversos y no contiene ningún tipo de interferencia. La de dígitos progresivos contiene 7 series que van desde tres a nueve dígitos que se presentan en dos ensayos, si el sujeto no responde bien en el primer ensayo pasa al ensayo II, si contesta bien en éste se pasa a la siguiente serie; en caso de fracasar también en el segundo se da por terminada la prueba. La instrucción para el aplicador es que debe empezar diciéndole al sujeto: "Voy a decir algunos números; escuche cuidadosamente y cuando haya terminado, dígalos inmediatamente". En cualquier serie, si el sujeto repite correctamente el ensayo I, se prosigue a la siguiente serie más alta. Si el sujeto falla en el ensayo I, se aplica el ensayo II de la misma serie, luego se prosigue a la siguiente serie si la pasa. El segundo ensayo de una serie es dado sólo si no se aprueba el primero.

Por otra parte, el aplicador debe leer los dígitos a la velocidad de "uno por segundo" y no agrupados, recomendándose además, dejar que el tono de la voz "caiga" al mencionar el último dígito de la serie.

Descontinuación: se termina la aplicación después de que se ha fallado en ambos intentos de una serie dada.

Puntuación: es el número de dígitos en la serie más larga repetida correctamente en el ensayo I o II.

DÍGITOS EN ORDEN INVERSO

La subescala para dígitos inversos contiene 7 series que van de la 2 a la 8 y se sigue el mismo procedimiento de

aplicación, excepto que se le indica al sujeto que debe decir los dígitos en orden inverso a como los dice el aplicador.

DÍGITOS EN ORDEN PROGRESIVO (TOMADOS DE LA ESCALA DE INTELIGENCIA DE WAIS)

Series	Ensayo I	Ensayo II
(3)	5-8-2	6-9-4
(4)	6-4-3-9	7-2-8-6
(5)	4-2-7-3-1	7-5-8-3-6
(6)	6-1-9-4-7-3	3-9-2-4-8-7
(7)	5-9-1-7-4-2-8	4-1-7-9-3-8-6
(8)	5-8-1-9-2-6-4-7	3-8-2-9-5-1-7-4
(9)	2-7-5-8-6-2-5-8-4	7-1-3-9-4-2-5-6-8-

DÍGITOS EN ORDEN INVERSO

Series	Ensayo I	Ensayo II
(2)	2-4	5-8
(3)	6-2-9	4-1-5
(4)	3-2-7-9	4-9-6-8
(5)	1-5-2-8-6	6-1-8-4-3
(6)	5-3-9-4-1-8	7-2-4-8-5-6
(7)	8-1-2-9-3-6-5	4-7-3-9-1-2-8
(8)	9-4-3-7-6-2-5-8	7-2-8-1-9-6-5-3

Aquí es relevante mencionar que, aunque esta subescala se sigue utilizando, no es adecuada para estudios más profundos de la memoria, dado que no existe flexibilidad ni incluye la posibilidad de aplicar interferencias de ningún tipo. También se debe señalar que existe gran variabilidad en la forma como se aplica, lo que puede trascender en los resultados obtenidos. No son muy numerosas las herramientas computacionales para el examen de la memoria de corto plazo y menos para el de las interferencias visuales; aunque diferentes autores han publicado trabajos utilizando estos medios, todavía no existe uniformidad en cuanto a un formato que permita hacer comparaciones entre los diferentes estudios.⁶⁹⁻⁷²

DESARROLLO DEL MODELO AUTOMATIZADO PARA EL ESTUDIO DE LA MEMORIA DE CORTO PLAZO

El programa fue desarrollado con lenguaje Open Script; presenta instrucciones escritas, así como explicaciones sobre cómo responder a los dígitos que aparecerán en la pantalla del monitor (*Figura 1*).

Los dígitos de la prueba aparecen al centro de la cuadrícula en fondo gris (*Figura 2*). El usuario sólo tiene que escribir la serie en la casilla de respuesta y dar "Enter" para continuar con la siguiente.

Para los dígitos inversos se hace una presentación similar, pero además se incluye una pantalla de práctica, con el fin de asegurar que el usuario ha entendido la explicación en la forma en que debe responder. En este caso el programa da una segunda oportunidad de práctica en caso de que haya sido incorrecta la respuesta en la primera (*Figura 3*).

Las interferencias están constituidas por la presentación de dígitos que aparecen siempre en la casilla superior izquierda de la cuadrícula, ubicación que se utiliza buscando el máximo efecto y está sustentada en la forma como se lee en occidente y que es de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, con lo que se busca que el sujeto al hacer el recorrido natural de lectura tienda a ver primero el dígito de interferencia antes que el de estudio. La interferencia se muestra un segundo antes de que aparezca el dígito que se debe responder, mismo que se presenta en la casilla central. Los programas con interferencias están planeados para servir posteriormente para la realización de tareas, mientras se da el proceso de retención de dígitos. Estas tareas podrán ser la suma de los dígitos de interferencia, simultáneamente con el proceso de retención de los dígitos. Servirá también de punto de partida para la introducción de otro tipo de tareas, como realizar operaciones aritméticas de naturaleza distinta simultáneamente con la aplicación de la prueba (*Figura 4*).

La calificación de la prueba se hace de manera automática y sólo es necesario que el usuario al terminar pulse la tecla "Calificar". El puntaje aparece en una casilla en la parte inferior de la pantalla. También se muestra la tabla de equivalencia entre los puntajes reportados por el programa y la serie correspondiente (*Figura 5*).

En síntesis, el sistema realiza la aplicación de la prueba mediante cuatro módulos:

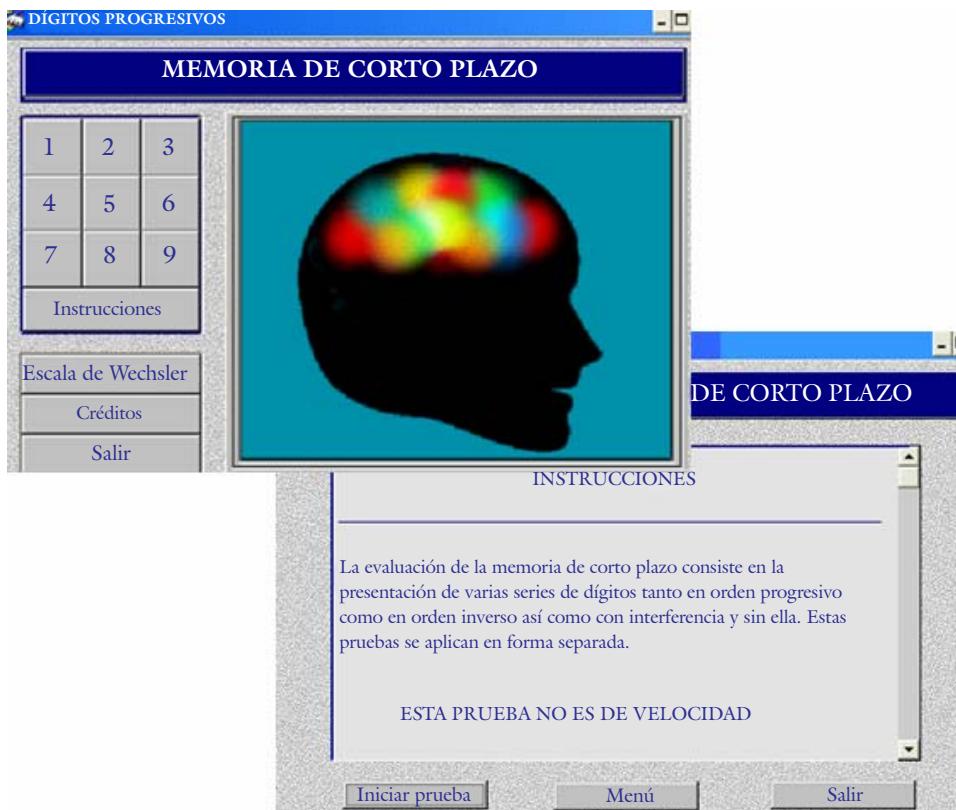


Figura 1. En la parte superior se presenta la interfaz inicial del programa para medición de memoria de corto plazo. En la parte inferior se muestra el menú que lleva a “Instrucciones”.

Módulo 1. Muestra los dígitos en orden progresivo para ser respondidos en el mismo orden en que se presentan.
 Módulo 2. Muestra los dígitos para ser respondidos en orden inverso al que se presentan.

Módulo 3. Muestra los dígitos con interferencias para ser respondidos en el mismo orden en que se presentan.

Módulo 4. Muestra los dígitos con interferencias para ser respondidos en orden inverso al que se presentan.

En todos los módulos: Se califica al final de la prueba reportando en forma escrita el puntaje obtenido. Los dígitos se presentan con un segundo de intervalo entre uno y otro. Al final de cada serie se presenta una pantalla neutra de color gris que indica al sujeto que el ensayo ha terminado y que puede responder.

Dado que parte de los propósitos del desarrollo del sistema son los de incrementar la precisión de la medición y evitar la variabilidad que puede ser imputada al observador, se observaron las siguientes medidas:

1. Inclusión de instrucciones escritas en el programa de cómputo.

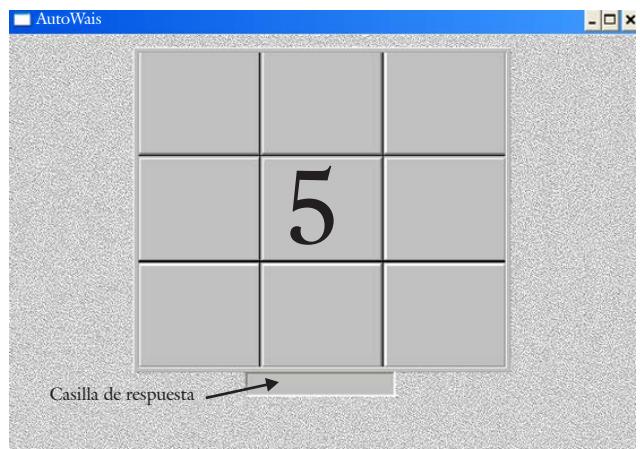


Figura 2. Se muestra la pantalla con un dígito de prueba al centro y la casilla de respuesta.

2. Explicación adicional de las instrucciones por parte del observador.
3. Demostración previa de la presentación de dígitos y pantallas que serán utilizadas, de tal manera que el usuario conozca la forma de las mismas.

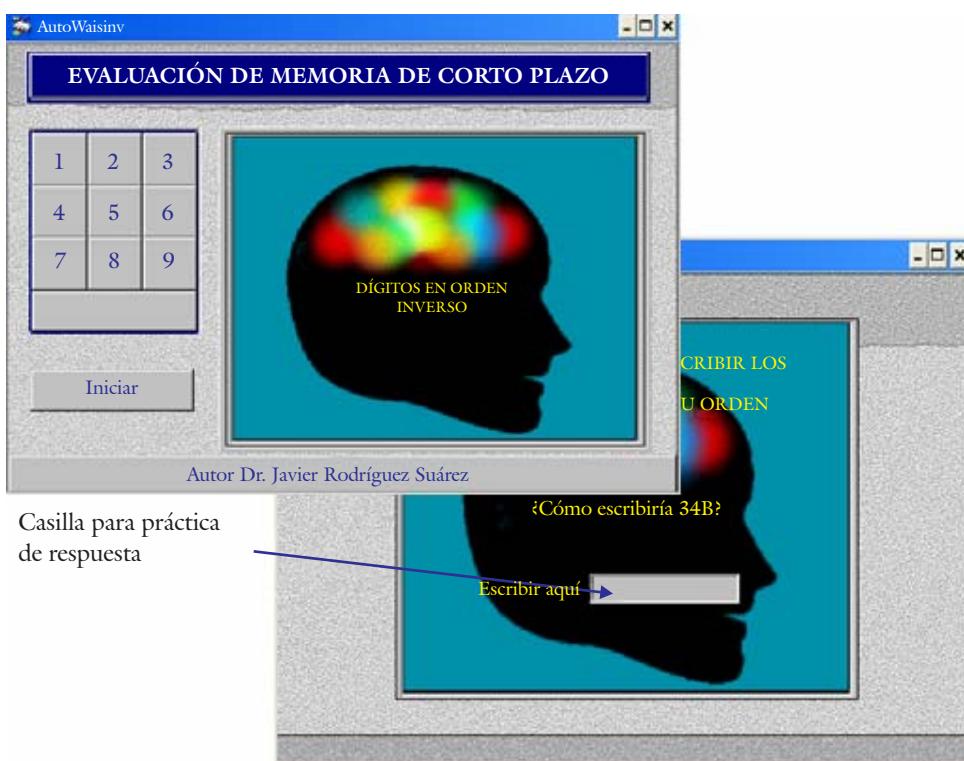


Figura 3. Pantalla de inicio para dígitos inversos en la parte superior y pantalla de práctica en la inferior.

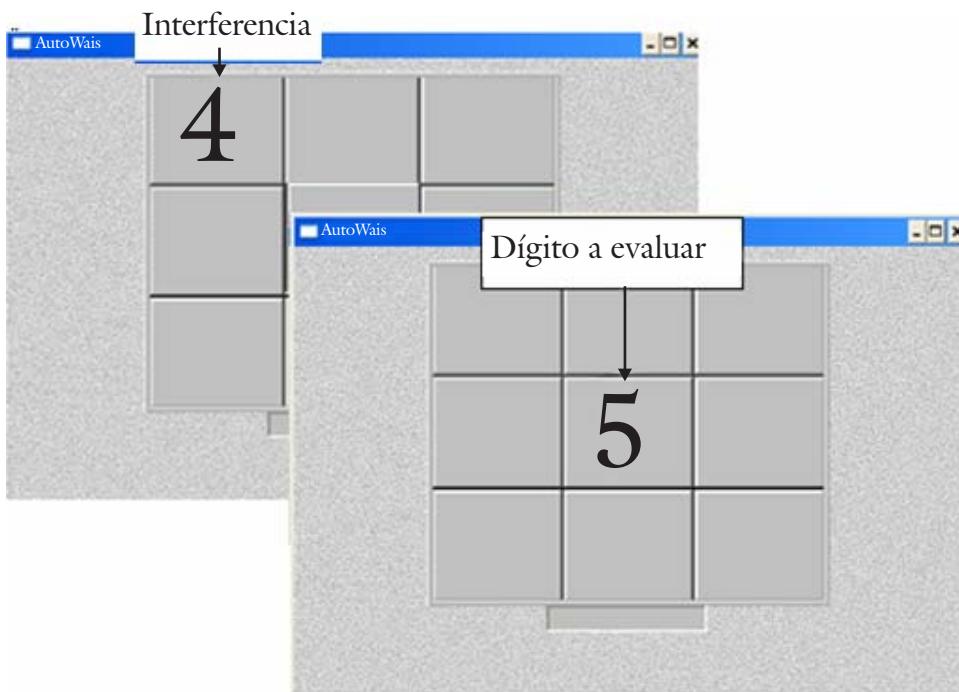


Figura 4. Se muestra el dígito 4 que se ubica como interferencia en la casilla superior y que se presenta un segundo antes y desaparece antes de mostrar el dígito que debe ser recordado en la casilla central y que es el 5. La aparición del siguiente dígito de interferencia será un segundo después de presentado el 5.



Figura 5. Página en la que se califican las respuestas, en este caso las de orden progresivo. Permite ir al siguiente módulo pulsando el botón continuar. Las páginas de calificación son similares para los inversos, así como para los que se presentan con interferencias.

4. Refinamiento del instrumento: presentación de las mismas pantallas a todos los sujetos, ubicación de la cuadrícula en donde se presentan los dígitos en el mismo sitio en todos los casos, con el mismo color gris neutro en todas las pantallas e igual color negro para todos los dígitos. Presentación de pantallas con cuadrícula en blanco al terminar cada ensayo para que el sujeto sepa que ha terminado el mismo y que ya puede responder. Pantallas de práctica para el caso de los dígitos inversos en donde el sujeto puede confirmar que la forma de respuesta es la que le solicita el programa. El programa no incluye límite de tiempo para las respuestas y el sujeto puede reiniciar automáticamente la prueba una vez que decide sus respuestas y pulsa la tecla "Enter".

También se utilizaron las siguientes estrategias para incrementar la exactitud de la medición, evitando la variabilidad que puede ser imputada al observador:

1. Calibración programada de la presentación de los dígitos dejando un segundo intermedio entre un dígito y otro, una vez que se ha iniciado la misma.
2. Calibración programada de las interferencias, dando el mismo segundo de diferencia entre la desaparición de la interferencia y la aparición del siguiente dígito.

CONCLUSIONES

Los trabajos de investigación sobre la memoria de corto plazo plantean todavía muchas interrogantes, en parte, por la falta de formatos de estudio que permitan compararlos adecuadamente. Lo anterior es debido a la carencia de instrumentos de medición apropiados que permitan realizar la identificación del papel que juegan los diferentes factores en su funcionamiento, incluidas las interferencias. Por ello es obligado desarrollar instrumentos automatizados, como el que se propone en este trabajo, con potencial para efectuar un mejor abordaje y permitir la realización de análisis adecuados de los resultados de las investigaciones que se lleven a cabo con los mismos. El sistema descrito pretende constituir una alternativa viable para lograrlo, requiriendo todavía del proceso de validación que será llevado a cabo en una próxima fase.

REFERENCIAS

1. Lu ZL, Neuse J, Madigan S, Dosher BA. Fast decay of iconic memory in observers with mild cognitive impairments. *Proc Natl Acad Sci USA* 2005; 102(5):1797-802.
2. Cameron KA, Haarmann HJ, Grafman J, Ruchkin DS. Long-term memory is the representational basis for semantic verbal short-term memory. *Psychophysiology* 2005;42(6):643-53.
3. Atkinson RC, Shiffrin RM. Human memory: A proposed system and its control processes. In: KW Spence, JT Spence (Eds.), *The Psychology of Learning and Motivation*, Vol 2. London: Academic Press. 1968.
4. Macken WJ, Jones DM. Redification of phonological storage. *Q J Exp Psychol A* 2003;56(8):1279-88.
5. Towse JN, Hitch GJ, Hamilton Z, Peacock K, Hutton UM. Working memory period: the endurance of mental representations. *Q J Exp Psychol A* 2005;58(3):547-71.
6. Baddeley A. Memoria Humana. *Teoría y práctica*. Ed. McGraw Hill, 1999.
7. Miller, G. The Magical Number Seven, Plus or Minus Two. *The Psychological Review* 1956;63:81-97.
8. Mohr HM, Goebel R, Linden DE. Content- and task-specific dissociations of frontal activity during maintenance and manipulation in visual working memory. *J Neurosci* 2006;26(17):4465-71.
9. Hsin-Kai Wu, Priti Shah. Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education Volume 88*, 2004;Issue 3:465-92.
10. Escala de Inteligencia para Adultos de Wechsler. Ed. Manual Moderno. 1981.
11. Shannon CE. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* 1948;27:379-423 and 623-656, July and October.
12. Oberauer K, Suss HM. Working memory and interference: a comment on Jenkins, Myerson, Hale, and Fry. *Psychon Bull Rev* 2000;7(4):727-33.
13. Towse JN, Hitch GJ, Hutton U. On the interpretation of working memory span in adults. *Mem Cognit* 2000;28(3):341-48.
14. Ollis S, Button C, Fairweather M. The influence of professional expertise and task complexity upon the potency of the contextual interference effect. *Acta Psychol (Amst)* 2005;118(3):229-44.

15. Hashimoto A, Watanabe S, Inui K, Hoshiyama M, Murase S, Kakigi R. Backward-masking: the effect of the duration of the second stimulus on recognition of the first stimulus. *Neuroscience* 2006;137(4):1427-37.
16. Akyurek EG, Hommel B. Short-term memory and the attentional blink: capacity *versus* content. *Mem Cognit* 2005;33(4):654-63.
17. De Fockert JW, Rees G, Frith CD, Lavie N. The role of working memory in visual selective attention. *Science* 2001;291(5509):1803-6.
18. Foos PW, Goolkasian P. Presentation format effects in working memory: the role of attention. *Mem Cognit* 2005;33(3):499-513.
19. Cinan S, Tanor O. An attempt to discriminate different types of executive functions in the Wisconsin Card Sorting Test. *Memory* 2002;10(4):277-89.
20. Tombaugh TN, Rees L, Baird B, Kost J. The effects of list difficulty and modality of presentation on a computerized version of the Paced Serial Addition Test (PSAT). *J Clin Exp Neuropsychol* 2004;26(2):257-65.
21. Suchan B, Linnewerth B, Koster O, Daum I, Schmid G. Cross-modal processing in auditory and visual working memory. *Neuroimage* 2005;8.
22. Delvenne JF. The capacity of visual short-term memory within and between hemifields. *Cognition* 2005; Jul;96(3), B79-B88.
23. Sperling G. The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs* 1960;74:1-29.
24. Luck, Vogel. The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature* 1997;390:279-281.
25. Alvarez GA, Cavanagh P. The capacity of visual short-term memory is set both by visual information load and by number of objects. *Psychological Science* 2004;15(2):106-111.
26. Lacey S, Campbell C. Mental representation in visual/haptic cross-modal memory: evidence from interference effects. *Q J Exp Psychol (Colchester)* 2006;59(2):361-76.
27. Mulligan NW. The emergence of item-specific encoding effects in between-subjects designs: perceptual interference and multiple recall tests. *Psychon Bull Rev* 2002;9(2):375-82.
28. Waters G, Caplan D, Yampolsky S. On-line syntactic processing under concurrent memory load. *Psychon Bull Rev* 2003;10(1):88-95.
29. Bartha MC, Martin RC, Jensen CR. Multiple interference effects in short-term recognition memory. *Am J Psychol* 1998;111(1):89-118.
30. Laman FM, Gray WD. Forgetting to remember: the functional relationship of decay and interference. *Psicol Sci* 2002;13(1):27-33.
31. Blank H. Another look at retroactive and proactive interference: a quantitative analysis of conversion processes. *Memory* 2005;13(2):200-24.
32. Cowan N, Johnson TD, Saults JS. Capacity limits in list item recognition: evidence from proactive interference. *Memory* 2005;13(3-4):293-99.
33. Waters G, Caplan D, Yampolsky S. On-line syntactic processing under concurrent memory load. *Psychon Bull Rev* 2003;10(1):88-95.
34. Costa A, Alario FX, Caramazza A. On the categorical nature of the semantic interference effect in the picture-word interference paradigm. *Psychon Bull Rev* 2005;12(1):125-31.
35. Todd J, René M. Capacity of visual short-term memory in human posterior parietal cortex. *Nature* 2004;42:751-54.
36. Fortin C, Masse N. Order information in short term memory and time estimation. *Mem Cognit* 1999;27(1):54-62.
37. Morey CC, Cowan N. When do visual and verbal memories conflict? The importance of working-memory load and retrieval. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 2005;31(4):703-13.
38. Goolkasian P, Foos PW. Bimodal format effects in working memory. *Am J Psychol* 2005;118(1):61-77.
39. Shih SI. Recall of two visual targets embedded in RSVP Streams of distractors depends on their temporal and spatial relationship. *Percep Psychophys* 2000;62(7):1348-55.
40. Silverberg N, Buchanan L. Verbal Mediation and memory for novel figural designs: a dual interference study. *Brain Cogn* 2005;57(2):198-209.
41. Doherty-Sneddon G, Bonner L, Bruce V. Cognitive demands of face monitoring: evidence for visuospatial overload. *Mem Cognit* 2001;29(7):909-19.
42. Baddeley A, Chincotta D, Stafford L, Turk D. Is the Word length effect in STM entirely attributable to output delay? Evidence from serial recognition. *Q J Exp Psicol A* 2002;55(2):353-69.
43. Tremblay S, Nicholls AP, Parmentier FB, Jones DM. Visual distraction and visuo-spatial memory: a sandwich effect. *Memory* 2005;13(3-4):357-63.
44. Henson R, Hartley, Burgess N, Hitch G, Flude B. Selective interference with verbal short-term memory for serial order information: a new paradigm and tests of a timing-signal hypothesis. *Q J Exp Psychol A* 2003;56(8):1307-34.
45. Paas F, Adam JJ. Effects of distractor load and temporal target-distractor separation on numerical comparison performance: a stimulus-competition approach. *Psychol Rep* 2002;90(3 Pt 1):889-906.
46. Goh WD, Pisoni DB. Effects of lexical competition on immediate memory span for spoken words. *Q J Exp Psychol A*. 2003; 56(6):929-54.
47. Ruusuvirta T. Proactive interference of a sequence of tones in a two-tone pitch comparison task. *Psychon Bull Rev* 2000;7(2):327-31.
48. Radvansky GA, Copeland DE. Working memory span and situation model processing. *Am J Psychol* 2004;117(2):191-213.
49. Lavie N, De Fockert J. The role of working memory in attentional capture. *Psychon Bull Rev* 2005;12(4):669-74.
50. Waller D. Egocentric and nonegocentric coding in memory for spatial layout: Evidence from scene recognition. *Mem Cognit* 2006;34(3):491-504.
51. Goolkasian P, Foos PW. Bimodal format effects in working memory. *Am J Psychol* 2005;118(1):61-77.
52. Tubau E, Lopez-Moliner. Spatial interference and response control in sequence learning: the role of explicit knowledge. *Psychol Res* 2004;68(1):55-63.
53. Bourke PA, Duncan J. Effect of template complexity on visual search and dual-task performance. *Psychol Sci* 2005;16(3):208-13.
54. Silverberg N, Buchanan L. Verbal mediation and memory for novel figural designs: a dual interference study. *Brain Cogn* 2005;57(2):198-209.
55. Bayliss DM, Jarrold C, Gunn DM, Baddeley AD. The complexities of complex span: explaining individual differences in working memory in children and adults. *J Exp Psychol Gen* 2003;132(1):71-92.
56. Folan JC, de Montfort SM. Visual memory and auditory recall in anatomy students. *Med Educ* 1986;20(6):516-20.
57. Khalil MK, Paas F, Johnson TE, Payer AF. Interactive and dynamic visualizations in teaching and learning of anatomy: a cognitive load perspective. *Anat Rec B New Anat* 2005;286(1):8-14.
58. Giannini AJ, Giannini JN, Condon M. Use of tangential visual symbols to increase the long-term learning process: applications of linkage in teaching pharmacological principles of addiction. *J Clin Pharmacol* 2000;40(7):708-12.
59. Uribe JI, Ralph WM Jr, Glaser AY, Fried MP. Learning curves, acquisition, and retention of skills trained with the endoscopic sinus surgery simulator. *Am J Rhinol* 2004;18(2):87-92.
60. Feigin DS, Smirniotopoulos JG, Neher TJ. Retention of radiographic anatomy of the chest by 4th-year medical students. *Acad Radiol* 2002;9(1):82-8.
61. Curran VR, Aziz K, O'Young S, Bessell C. Evaluation of the effect of a computerized training simulator (ANAKIN) on the retention of neonatal resuscitation skills. *Teach Learn Med* 2004;16(2):157-64.
62. Ricer E. Does a high tech (Computerized, Animated, Powerpoint) presentation increase retention of material compared to a low tech

- (Black on Clear Overheads) presentation? *Teaching and Learning in Medicine* 2005;17(2):107-111.
63. Burns DJ, Ladd MV. The simultaneous learning effect: why does simultaneous task learning improve retention? *Am J Psychol* 2006;119(3):385-405.
 64. Ariza M, Pueyo R, Junque C, Mataro M, Poca MA, Mena MP, Sahuquillo J. Differences in visual vs verbal memory impairments as a result of focal temporal lobe damage in patients with traumatic brain injury. *Brain Inj* Sep;20(10):1053-59.
 65. Parmentier FB, King S, Dennis I. Local temporal distinctiveness does not benefit auditory verbal and spatial serial recall. *Psychon Bull Rev* 2006;13(3):458-65.
 66. Tremblay S, Saint-Aubin J, Jalbert A. Rehearsal in serial memory for visual-spatial information: evidence from eye movements. *Psychon Bull Rev* 2006;13(3):452-57.
 67. Van Uffelen JG, Chin A Paw MJ, Klein M, van Mechelen W, Hopman-Rock M. Detection of memory impairment in the general population: screening by questionnaire and telephone compara-
 - red to subsequent face-to-face assessment. *Int J Geriatr Psychiatry* 2006 Oct 17.
 68. Wingen M, Langer S, Ramaekers JG. Verbal memory performance during subchronic challenge with a selective serotonergic and a mixed action antidepressant. *Hum Psychopharmacol* 2006;21(7):473-79.
 69. Ballard JC. Computerized assessment of sustained attention: A review of factors affecting vigilance performance. *J Clin Exp Neuropsychol* 1997;18:843-63.
 70. Psych/Lab TM para Windows V 1.0 Adam Oei and Laurence R Hrtley. The effects of caffeine and expectancy on attention and memory. *Human Psychopharmacol Clin Exp* 2005;20:193-202.
 71. Tar now E. Proactive Interference, retroactive interference - what about self-interference? A new interpretation of the regency-primacy shift. *Meds cape Gen Med* 2005;7(1):5.
 72. Denney CB, Rapport MD, Chung KM. Interactions of task and subject variables among continuous performance tests. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 2005;46:4,420-35.