

Volumen 14, Número 1
Enero-Junio 2014



REVISTA
NEURO Psicología,
Neuropsiquiatría y
Neurociencias

Órgano oficial de:

Asociación Latinoamericana de Neuropsicología -ALAN

Asociación Colombiana de Neuropsicología

Sociedad Neuropsicológica de Antioquia

Grupo de Neurociencias de Antioquia

Universidad de San Buenaventura

Hispanic Neuropsychological Society

Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias volumen 14, núm. 1, enero-junio del 2014, es una publicación digital semestral, editada por la Asociación Latinoamericana de Neuropsicología (ALAN, A.C.), con domicilio para recibir notificaciones en Colomos núm. 2390, interior 85, colonia Providencia, C.P. 44630, Guadalajara, Jalisco, México. Teléfono: 3338174383

Página electrónica de la revista:

<http://revistaneurociencias.com>

Correo electrónico: maria.matute@academicos.udg.mx

Editor responsable: Alfredo Ardila Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo núm. 04-2026-030214122100-102. ISSN: (en trámite) - ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Responsable de la última actualización de este número: Dra. Gabriela Castillo Parra, Editor Técnico-administrativo, Colomos núm. 2390, interior 85, colonia Providencia, C.P. 44630, Guadalajara, Jalisco, México. Fecha de la última modificación: 29 de mayo del 2014. Tamaño del archivo: 9.65 MB.

Editor

Alfredo Ardila
*Florida International University
Miami, Florida, Estados Unidos*

Asistente Editorial

Gabriela Castillo-Parra
*Universidad Camilo José Cela
Madrid, España*

Editores Asociados

Olga Inozemtseva
*Universidad de Guadalajara
Guadalajara, Mexico*

Francisco Lopera
*Universidad de Antioquia
Medellin, Colombia*

Esmeralda Matute
*Universidad de Guadalajara
Guadalajara, Mexico*

Feggy Ostrosky-Solis
*Universidad Nacional Autónoma de México
México D.F., México*

Tulio M. Otero
*Hispanic Neuropsychological Society
Chicago, Illinois, Estados Unidos*

David A. Pineda
*Universidad de Antioquia
Medellin, Colombia*

Pedro Puentes
*Universidad Simón Bolívar
Barranquilla, Colombia*

Mónica Rosselli
*Florida Atlantic University
Davie, Florida, Estados Unidos*

Vilma Varela
*Universidad de Manizales
Manizales, Colombia.*

Comité Editorial

Byron Bernal
*Miami Children's Hospital
Miami, Florida, Estados Unidos*

Marcelo Berthier
*Hospital Universitario Virgen de la Victoria
Málaga, España*

María Antonieta Bobes
*Centro de Neurociencias
La Habana, Cuba*

Maria Luisa Bringas
*Centro Internacional de Restauración Neurológica
La Habana, Cuba*

Hugh Buckingham
*Louisiana State University
Baton Rouge, Louisiana, Estados Unidos*

Tedd Judd
*Práctica en Neuropsicología Clínica.
Seattle, Washington, Estados Unidos*

Antonio E. Puente
*University of North Carolina
Wilmington, North Carolina, Estados Unidos.*

Diseño de Portada

María Isabel Ayora H.

Webmaster

Jorge Santiago

ISSN: 0124-1265

Vol.14 N°1

Enero-Junio 2014

REVISTA

Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias

Órgano Oficial de:
Asociación Latinoamericana
de Neuropsicología –ALAN-
Grupo de Neurociencias de Antioquia.
Hispanic Neuropsychological Society

CONTENIDOS

ISSN: 0124-1265

Vol. 14 N°1
Enero-Junio 2013

- I Presentación**
Esmeralda Matute Villaseñor
- 1 Desarrollo de la memoria y su relación con la metamemoria y el uso de estrategias**
Development of the memory, and its relationship to the metamemory and use of strategies
Araceli Sanz Martin, Susana Citlaly Flores Pérez Coeto & Emilio Gumá Díaz
- 23 Aprendizaje secuencial en niños de 7 a 12 años de escuelas públicas y privadas**
Sequential learning in children from 7 to 12 years old from public and private schools.
Daniel Zarabozo, Minerva López Alvarez, Nayamin Aceves Ortega & Humberto Madera Carrillo.
- 40 Evaluación del conocimiento ortográfico en adultos jóvenes y su relación con la lectura**
Orthographic knowledge and reading skills in young adults.
Fabiola R. Gómez-Velázquez, Andrés A. González-Garrido, Juan Guàrdia-Olmos, Maribel Perú-Cebollero, Daniel Zarabozo-Hurtado & Daniel Zarabozo.
- 68 La Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI): Historia y fundamentos teóricos de su validación. Un acercamiento práctico a su uso y valor diagnóstico.**
Child neuropsychological Assessment - ENI: History and theoretical foundations of its validation. A practical approach to its use and diagnostic value.
Esmeralda Matute, Olga Inozemtseva, Ana Luisa González Reyes & Yaira Chamorro

96	Diferencias sexuales en las funciones ejecutivas en pacientes con esquizofrenia de inicio reciente <i>Sex differences in executive functions in patients with recent-onset schizophrenia</i> Julieta Ramos-Loyo, Leonor Mora Reynoso, Luis Miguel Sánchez-Loyo & Virginia Medina Hernández
120	Discriminabilidad, recompensa y emociones en la toma de decisiones <i>Discriminability, reward and emotions in decision-making</i> David Herrera, Jorge Cerda & Mario Treviño
135	Aprender de uno y de los otros: correlatos neurofisiológicos de la monitorización propia y vicaria del desempeño <i>Learning from oneself and learning from others: neurophysiological correlates of auto- and vicarious performance monitoring</i> Erwin R. Villuendas González & Andrés A. González Garrido
155	Efecto del metilfenidato sobre el consumo de alimentos con diferente palatabilidad en ratas expuestas prenatalmente al alcohol <i>Effect of methylphenidate on food intake with different palatability in rats prenatally exposed to alcohol</i> Jorge Juárez & Eliana Barrios De Tomasi
169	Auto-administración oral de alcohol: cambios sobre la tasa de respuesta, peso corporal y patrones de consumo en ratas <i>Oral self-administration of alcohol: changes on response rate, body weight and consumption patterns in rats.</i> Eder Espinoza Becerra & Héctor Martínez Sánchez
191	Decremento de la correlación cortical durante la activación sexual de ratas macho <i>Decrease of the cortical correlation during sexual arousal in male rats</i> Marisela Hernández-González, Miguel Ángel Guevara, Ricardo Alonso Romero Orozco, Yuritze Aguilar-Salgado & Marcela Arteaga Silva.

- 208** Memoria de trabajo visoespacial evaluada a través de los Cubos e Corsi: cambios con relación a la edad.
Age-related changes in visuospatial working memory as assessed by the Corsi Block-Tapping Task
Miguel Ángel Guevara, Marisela Hernández González, Jorge Carlos Hevia Orozco, Lucía Ester Rizo Martínez & Mayra Linné Almanza Sepúlveda.
- 223** Reconocimiento emocional y problemas de comportamiento social en niños con TDAH
Emotional recognition and social behavioral problems in children with ADHD
Alejandra Michel Taracena, Julieta Ramos-Loyo, Esmeralda Matute, Andrés A. González-Garrido & Luis Miguel Sánchez-Loyo
- 249** Relación entre la velocidad de denominación, el procesamiento auditivo de orden temporal y la adquisición de la lectura.
Relationship between naming speed, temporal order auditory processing and reading acquisition
Fabiola R. Gómez-Velázquez, Andrés A. González-Garrido, Esmeralda Matute Villaseñor & Julieta Ramos Loyo

Desarrollo de la memoria y su relación con la metamemoria y el uso de estrategias

Araceli Sanz Martin

Instituto de Neurociencias. CUCBA,
Universidad de Guadalajara.
aracelisanz@yahoo.com

Susana Citlaly Flores Pérez Coeto

Instituto de Neurociencias, CUCBA,
Universidad de Guadalajara.
fluris96@hotmail.com

Emilio Gumá Díaz

Instituto de Neurociencias, CUCBA,
Universidad de Guadalajara

Correspondencia: Dra. Araceli Sanz Martin,
Instituto de Neurociencias, Universidad de
Guadalajara, Francisco de Quevedo 180,
Col. Arcos Vallarta, Guadalajara, Jal.
MÉXICO. CP 44130. Teléfonos: 52 33
37771150 Ext. 33365. Correo electrónico:
aracelisanz@yahoo.com

Resumen

Se ha demostrado que con el desarrollo existe un incremento de la capacidad para almacenar información, lo cual en parte depende del uso de estrategias cognoscitivas más efectivas. Con la edad también mejora la metamemoria; es decir, el conocimiento que los individuos tienen de sus propias capacidades de memoria, lo que conduce a la búsqueda de estrategias que respondan a las demandas de una tarea en particular. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar las diferencias entre individuos de 8 a 15 años de edad, en la memoria visual y verbal, el uso espontáneo de la estrategia de categorización, y la correlación entre la metamemoria y el desempeño mnémico. Participaron 80 varones de 8 a 15 años, sanos, diestros, con inteligencia normal o superior. Para evaluar la memoria se aplicaron el test de memoria contextual y el aprendizaje de listas de palabras y figuras; en estas dos últimas se evaluó el uso espontáneo de la categorización al evocar la información. La metamemoria fue evaluada con una serie de 8 preguntas contenidas en el test de memoria contextual. Se encontró que en comparación a los niños de 8 a 11 años, los adolescentes (12 a 15 años) pudieron retener un mayor número de elementos en la memoria y usaron espontáneamente con mayor

frecuencia la estrategia de categorización al evocar la lista de figuras. Además, en los adolescentes de 14 y 15 años se encontró una correlación significativa entre la percepción que éstos tenían de su capacidad cotidiana de memoria y el desempeño en el test de memoria contextual. Nuestros resultados sugieren que durante el desarrollo existe un incremento de la capacidad de la memoria, una mayor precisión de la metamemoria y es mayor el uso de la estrategia de categorización.

Palabras clave: Memoria explícita, desarrollo, metamemoria, estrategias, categorización.

Development of the memory, and its relationship to the metamemory and use of strategies

Abstract

Several studies have shown that there is an increase in the ability to store information during development and that this capacity depends in part on the use of more effective cognitive strategies. Also, the metamemory – that is, an individual's knowledge of her/his own memory capabilities– improves with age, leading to a search for ever more effective strategies capable of meeting the demands of particular tasks. Therefore, the aim of this study was to characterize the differences among 8-15-year-old boys in the visual and verbal memory, the

spontaneous use of the categorization strategy and the correlation between metamemory and mnemonic performance. A total of 80 healthy, right-handed, 8-15-year-old boys participated in this study, all of whom were of normal-to-above normal intelligence. In order to assess memory, the contextual memory test and the learning of word and figure lists were applied. The latter two tasks were used to evaluate the spontaneous use of classification during information retrieval. Metamemory was assessed on the basis of a series of 8 questions contained in the contextual memory test. We found that adolescents were more able to remember a higher number of elements than 8-11-year-old boys, as well as they used more frequently the categorization strategy on the figure list retrieval test. Besides, a significant correlation between subjects' perceptions of their own memory capacity and their performance in contextual memory test was detected in 14-5-year-old boys. Our results suggest that during development there is an increase in memory capacity, a greater accuracy of metamemory and an increase of the use of categorization strategy.

Keywords: explicit memory, development, metamemory, strategies, categorization.

Introducción

La memoria es la capacidad neurocognitiva de codificar,

almacenar y recuperar información (Tulving & Craik, 2000) y por tanto es un sistema que implica tres etapas. En la primera, habitualmente llamada *codificación*, se alimenta al sistema con información; en la segunda, *almacenamiento*, se requiere un medio para conservar esta información en el tiempo y prevenir su deterioro y extravío u olvido, y en la tercera etapa, la de *recuperación*, se consigue el acceso a la información almacenada.

Según Squire y Zola (1996) la memoria puede clasificarse en explícita (declarativa) e implícita (no declarativa); formas que a su vez son subdivididas. De esta manera, la memoria explícita puede ser de hechos (semántica) o de eventos (episódica), mientras que en la implícita se incluyen las destrezas y los hábitos (memoria procedimental), el condicionamiento clásico simple, el *priming*, la memoria emocional y la memoria no asociativa (habitación y sensibilización). Otra distinción puede hacerse de acuerdo al tipo de información que es almacenada. De acuerdo a Schacter y Tulving (1994), la memoria puede dividirse en verbal y no verbal.

Como cualquier otro proceso cognoscitivo, la memoria cambia durante el desarrollo, lo cual se expresa a través de un aumento de la capacidad para almacenar información a corto y a largo plazo (Korkman, Kemp & Kirk, 2001;

Matute, Sanz, Gumá, Rosselli & Ardila, 2009; Meyers & Meyers, 2000; Rosselli, Ardila, Bateman & Guzmán, 2001; Rosselli et al., 2004).

Este aumento de la eficiencia de la memoria con la edad depende, primeramente, de la maduración estructural y funcional de ciertas áreas del sistema nervioso central, particularmente la corteza prefrontal y el hipocampo (Gómez-Pérez, Ostrosky-Solís & Próspero-García, 2003).

Además de los cambios neurofuncionales, el incremento de la eficiencia de la memoria con la edad se relaciona con la incorporación deliberada de estrategias de memorización (Gathercole & Hitch, 1993; Roodenrys, Hulme & Brown 1993; Schneider, Kron, Hünnerkopf & Krajewski, 2004; Siegel, 1994) como la repetición, el agrupamiento y la categorización.

Sin embargo, para que una persona pueda emplear voluntariamente una estrategia es menester que posea una adecuada metamemoria, la cual se define como el autoconocimiento de las propias capacidades de memoria, y la supervisión y el control del proceso de codificación y recuperación (Brown, 1978). Este proceso implica tanto el conocimiento de la dificultad relativa de la tarea de memoria, el conocimiento de las capacidades de la propia memoria, sus limitaciones (Flavell & Wellman,

1977) y el conocimiento de las estrategias más eficientes para una tarea en particular (Bobrow & Norman, 1975; Brown, 1978). Para evaluar la metamemoria se han usado tradicionalmente dos métodos: a) la estimación de las capacidades de memoria a través de experiencias personales del pasado (*i.e.* ¿qué tan frecuentemente olvido cosas?), b) evaluación sobre el desempeño en una tarea de memoria en particular (*i.e.* ¿Cuántos de los objetos que acabo de estudiar creo que puedo recordar?) (Cavanaugh & Perlmutter, 1982). La metamemoria también cambia con la edad. Diversos estudios han demostrado que la estimación que los niños hacen de su propia capacidad de memoria es más certera conforme ellos maduran (Cavanaugh & Borkowski, 1980; DeMarie & Ferron, 2003; Díaz-Gómez & Rodrigo-López, 1989; Schneider, 2008; Waters, 1982).

Como se puede apreciar en los párrafos precedentes, con la edad los individuos desarrollan una mayor eficiencia de la memoria, la cual en parte podría explicarse por el desarrollo de la metamemoria y la incorporación de estrategias. Sin embargo, la mayoría de los estudios al respecto han evaluado el desarrollo de las estrategias y la metamemoria de forma independiente, y los pocos que han abordado de manera conjunta ambas variables lo han hecho durante la memorización de material verbal. Es así que se realizó

la presente investigación con el objetivo de caracterizar las diferencias entre individuos de 8 a 15 años de edad en la memoria visual y verbal, el uso espontáneo de la estrategia de categorización y la correlación entre la metamemoria y el desempeño mnémico. A diferencia de otros estudios, en éste se evaluaron varios aspectos de la metamemoria como son la percepción que los participantes tenían acerca de su capacidad de memoria, la dificultad relativa percibida en una de las tareas y la estimación de su desempeño en la misma. De manera conjunta, se determinaron las diferencias con la edad en el uso espontáneo de la categorización, ya que ésta es considerada como uno de los indicadores más válidos del uso deliberado de estrategias (Schneider et al., 2004).

Nosotros esperamos que el número de elementos que se retienen y evocan en las distintas tareas de memoria sea mayor en los participantes de mayor edad y que éstos, a su vez, usen con mayor frecuencia la estrategia de categorización. De igual forma, hipotetizamos que en los grupos de mayor edad habrá una mayor correlación entre las puntuaciones de la prueba de metamemoria y el número de elementos retenidos en la memoria.

Consideramos que los datos aportados por esta investigación

contribuirán al entendimiento de los factores metacognitivos que intervienen en el desarrollo de la memoria explícita a lo largo de niñez y la adolescencia.

Método

En la presente investigación participaron 80 niños y jóvenes del sexo masculino de 8 a 15 años, provenientes de escuelas privadas de la zona metropolitana de Guadalajara, México; sanos, diestros, con inteligencia superior a 80 de acuerdo al WIC-IV (Weschler, 2007), sin antecedentes personales o familiares de trastornos de aprendizaje, déficit de atención, enfermedades psiquiátricas o neurológicas y consumo de drogas; todos los niños asistían a la escuela primaria, secundaria o preparatoria en un grado acorde con su edad. Los criterios de inclusión fueron verificados a través de una entrevista semiestructurada aplicada a los padres de familia en la que se solicitaron datos de identificación, desarrollo, salud, hábitos, antecedentes familiares, historia académica, etc. Además, para descartar que los participantes tuvieran trastorno por déficit de atención e hiperactividad, se aplicó tanto a los padres como a los maestros un cuestionario (Ostrosky-Solís, Gómez, Matute, Roselli, Ardila & Pineda, 2003) basado en los criterios diagnósticos del trastorno por

déficit de atención e hiperactividad contenidos en el DSM-IV (American Psychiatric Association, 1994).

Todos los participantes contaron con el consentimiento informado de sus padres para participar en el estudio. La investigación fue aprobada por el Comité de Ética Institucional y cumplió con los estándares éticos de la APA.

Los participantes conformaron, según su edad, cuatro grupos de 20 integrantes cada uno: a) grupo 1 (de 8 a 9 años), b) grupo 2 (de 10 a 11 años), c) grupo 3 (de 12 a 13 años) y, d) grupo 4 (de 14 a 15 años).

Instrumentos

Test de memoria contextual

Para evaluar la memoria explícita visual, se utilizó la prueba de Memoria Contextual (Contextual Memory Test, Toggia, 1993), la cual consiste en una tarjeta con 20 dibujos relacionados con una actividad cotidiana (comer en un restaurante). Esta prueba se aplicó tanto de forma inmediata como diferida. En la primera, se mostraba a cada niño la tarjeta durante 90 segundos y se le pedía que recordara los objetos contenidos en ella. Posteriormente, se pedía al niño que mencionara el nombre de todos los objetos que recordara y se le aplicaba un cuestionario que evaluaba la estimación que éste hacía de su

ejecución (ver apartado de metamemoria). Después de un retraso de 20 minutos, se evaluaba la evocación diferida, pidiéndole al niño que mencionara nuevamente el nombre de todos los objetos que pudiera recordar.

Lista de palabras

En esta sub-prueba, extraída de la batería Neuropsi atención y memoria (Ostrosky-Solís et al., 2003), se lee al niño una lista de 12 palabras pertenecientes a tres campos semánticos (frutas, animales y partes del cuerpo) que después debe repetir. La lista de palabras se presenta cuatro veces en forma consecutiva. La puntuación en esta prueba se obtiene del promedio del número de palabras recordadas en cada ensayo. Adicionalmente, se midió la estrategia de categorización al evocar la lista de palabras. La categorización se definió como la evocación serial de más de dos palabras que pertenecían a una misma categoría. Para obtener la puntuación de categorización se otorgaba al niño, en el cuarto ensayo, un punto si recordaba 2 palabras de la misma categoría, dos puntos si evocaba 3 palabras, tres puntos si evocaba 4 palabras, etc.; la puntuación máxima era 9. Transcurridos aproximadamente 20 minutos, se pedía al niño que mencionara todas las palabras que pudiera recordar; se calificaba con 1 punto cada palabra recordada, siendo 12 la puntuación máxima.

Lista de figuras

Esta tarea fue tomada de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI) (Matute, Roselli, Ardila & Ostrosky-Solis, 2007), la cual es una batería neuropsicológica desarrollada en español que evalúa diferentes procesos cognoscitivos en niños de 5 a 16 años. En esta tarea se presentan, de una en una, un conjunto de 12 figuras geométricas (círculos, cuadrados y triángulos) y terminada la serie, se le pide al niño que dibuje dichas figuras. El mismo procedimiento se repite cuatro veces consecutivas. Para este estudio, el puntaje total se obtuvo del promedio de la sumatoria de aciertos en cada ensayo, siendo 12 el puntaje máximo. Adicionalmente, se evaluó la categorización que consistió en la evocación serial de más de dos o más figuras pertenecientes a una misma categoría semántica. Para obtener la puntuación de categorización, se le otorgaba al niño en el cuarto ensayo un punto si recordaba 2 figuras de la misma categoría, dos puntos si evocaba 3 figuras, tres puntos si evocaba 4 figuras, etc.; la puntuación máxima era 9. Después de 20 minutos se le pedía al niño que recordara las figuras que había dibujado con anterioridad. Se otorgaba un punto por cada respuesta correcta, de manera que 12 era la puntuación máxima.

Metamemoria

Para evaluar la metamemoria, se aplicó el apartado correspondiente de la prueba de Memoria Contextual (*Contextual Memory Test*, Togliatti, 1993), el cual consiste en un cuestionario dividido en dos partes, una aplicada antes de presentar la tarjeta de los objetos pertenecientes al restaurante, y otra aplicada después de dicha presentación, justo después de que el niño evocaba espontáneamente los objetos.

En la primera parte se evaluaba la percepción de la capacidad de memoria a través de cuatro preguntas tipo Likert: 1) ¿Qué tan frecuentemente olvidas cosas que pasaron el día anterior?, 2) ¿Qué tan frecuentemente olvidas detalles importantes?, 3) ¿Qué tan frecuentemente olvidas cosas que la gente te dice?, 4) ¿Qué tan frecuentemente olvidas las cosas que han pasado unos minutos antes? Para responder a estas preguntas, el niño debía seleccionar alguna de estas opciones: a) casi todo el tiempo, b) como 3/4 de las veces, c) la mitad de las veces, d) como 1/4 de las veces, e) casi nunca. Se asignaba un punto a la mayor frecuencia y 5 a la menor. Finalmente, se sumaba la puntuación de las cuatro preguntas.

En la segunda parte, se hacían otras cuatro preguntas: 5) ¿Qué tan difícil fue esta tarea para ti?, 6) Aproximadamente, ¿Cuánto pudiste

recordar?, 7) ¿Cuántos objetos crees que podrás recordar?, 8) Cuando estabas estudiando la información, ¿qué hiciste para ayudarte a recordar? En la pregunta 5 se debía seleccionar una de tres opciones: a) fácil, b) algo complicada, b) muy difícil; se otorgaba un punto en la primera opción, dos en la segunda y tres en la tercera. En la pregunta 6 el niño debía seleccionar alguna de estas opciones: a) más de $\frac{3}{4}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, menos de $\frac{1}{4}$; se otorgaba 5 puntos en la primera opción, 4 en la segunda y así sucesivamente. En la pregunta 7, el niño debía decir cuántos objetos creía poder recordar y a esto se restaba el número de objetos que realmente había podido evocar (puntuación de la prueba de memoria contextual en la evocación inmediata). En la pregunta 8, el niño tenía que seleccionar alguna de estas opciones: 1) restaurante, 2) asociación, 3) visualización, 4) enumeración, 5) ubicación, 6) otro y 7) nada.

Procedimiento

Para seleccionar a los niños, se contactó a los directivos de escuelas privadas de la zona Metropolitana de Guadalajara, se les explicó en qué consistía la investigación y se les pidió que permitieran a sus estudiantes participar en la misma. Una vez que los directivos aceptaron, se les pidió que realizaran una preselección de participantes,

descartando aquéllos que mostraban algún trastorno de aprendizaje, de conducta o emocional. Posteriormente, se realizó una reunión con los padres de familia de los niños preseleccionados donde se les explicó en qué consistía la investigación y se pidió su autorización escrita.

Los niños preseleccionados cuyos padres autorizaron su participación en la investigación, fueron evaluados en una sesión de tamizaje, la cual tuvo una duración de aproximadamente 45 minutos. En esta sesión se aplicaron los instrumentos de selección anteriormente descritos, con excepción de la historia clínica y la escala de TDAH, las cuales se aplicaron a los padres de forma personal o telefónica.

Los niños que cumplieron con los criterios de inclusión fueron evaluados individualmente dentro de las instituciones educativas, en un cubículo bien iluminado y ventilado con poco ruido. Primeramente, se aplicaba la primera parte del cuestionario de metamemoria y luego, la prueba de memoria contextual y la segunda parte de cuestionario de metamemoria. Posteriormente, se aplicaban la lista de palabras y figuras. Después de 20 minutos, se le pedía al niño que recordara todos los objetos que había visto en la tarjeta (test de memoria contextual), la lista de palabras y las

figuras geométricas (evocación diferida).

Análisis Estadístico

Para determinar si había diferencias entre los grupos de edad en el desempeño de las pruebas de memoria y las puntuaciones de categorización entre los grupos en las listas de palabras y figuras se hicieron análisis de varianza (ANDEVA) de grupos independientes. Posteriormente, para determinar el sentido de las diferencias, se realizaron comparaciones *a posteriori* de Tukey ($p < 0.05$).

Para comparar las puntuaciones entre los grupos en la escala de metamemoria, se hicieron análisis no paramétricos de Kruskal Wallis, pues al tratarse de una escala tipo Likert las puntuaciones obtenidas de la misma son ordinales. Asimismo, para determinar si había diferencias entre los grupos, en el tipo de estrategias que los participantes refirieron utilizar al codificar la información durante la prueba de memoria contextual, se usó la Xi cuadrada, pues se trata de una variable de tipo nominal.

Para comprobar si había un incremento de la relación entre la metamemoria y el desempeño de la memoria, se realizó una correlación de Spearman entre las puntuaciones de las tareas de memoria contextual (evocación inmediata y diferida) y la puntuación del cuestionario de metamemoria (estimación de las capacidades de memoria). Dicha

correlación se hizo independientemente en cada grupo de edad.

Todos los análisis anteriores se realizaron con el programa SPSS versión 20.

Resultados

Tanto en la evocación inmediata como diferida de la prueba de memoria contextual se encontraron diferencias significativas entre los grupos ($F_{(3,76)} = 5.02$, $p = .003$; $F_{(3,76)} = 4.68$, $p = .005$). Los análisis *a posteriori* mostraron que el número de objetos recordados tanto de forma inmediata como diferida fue mayor en los grupos 4 y 3 con respecto al grupo 1 (figura 1a). En la lista de palabras se encontraron diferencias significativas entre los grupos sólo en la evocación inmediata ($F_{(3,76)} = 3.41$, $p = .022$), en donde el desempeño de los grupos 3 y 4 resultó mayor que el del grupo 1 (figura 1b). Finalmente se encontró en la lista de figuras que el grupo 3 superó al grupo 1 en la evocación inmediata ($F_{(3,76)} = 4.94$, $p = .003$) y diferida ($F_{(3,76)} = 4.16$, $p = .014$) (figura 1c).

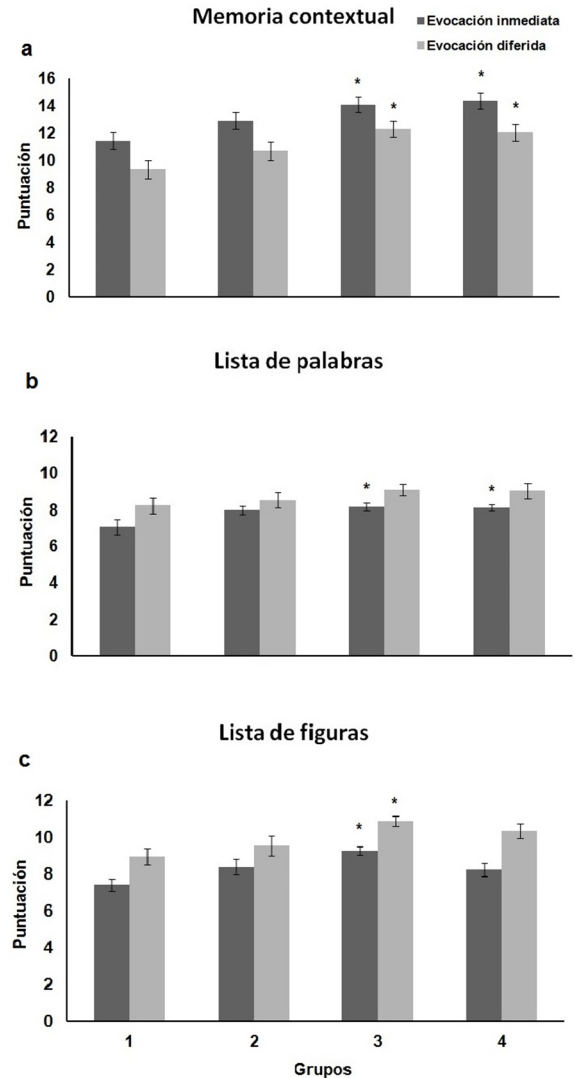


Figura 1. Puntuaciones (Med $\pm$ E.E.) en las tareas de a) memoria contextual, b) lista de palabras y c) lista de figuras en la evocación inmediata y diferida en cada grupo. * muestra las diferencias significativas ($p < .05$) de los grupos 3 y 4 con respecto al grupo 1.

En el cuestionario de metamemoria no existieron diferencias significativas entre los grupos, en la percepción de los participantes de su capacidad de memoria (suma de las puntuaciones de las preguntas 1-4) ni en la dificultad relativa de la tarea (pregunta 5). Sin embargo, sí hubo diferencias entre los grupos en la proporción de objetos que creían haber podido recordar ($p = .008$) (pregunta 6). Como se puede apreciar en la figura 2, los grupos 3 y 4 estiman poder recordar más que los grupos 1 y 2. En cuanto a la diferencia entre el número de objetos que los niños estimaban poder recordar y el número de objetos recordados (pregunta 7), no se encontraron diferencias significativas entre los grupos.

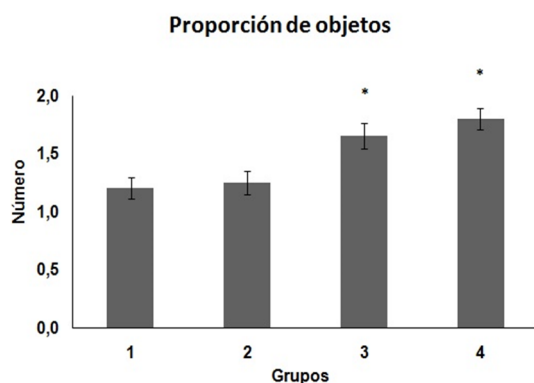


Figura 2. Puntuaciones (Med $\pm$ E.E.) de la estimación de cuanto se había podido recordar en la prueba de memoria contextual durante la evocación inmediata en cada grupo. * muestra las diferencias significativas ($p < .001$) de los grupos 3 y 4 con respecto a los grupos 1 y 2.

En cuanto a la correlación entre la estimación de las capacidades de memoria (suma de las puntuaciones de las preguntas 1 a 4) y el desempeño en la tarea de memoria contextual se observó que ésta fue estadísticamente significativa únicamente en el grupo 4 durante la evocación diferida. No hubo correlaciones significativas entre la ejecución y la dificultad relativa percibida en la tarea (pregunta 5). Además, en los grupos 2, 3 y 4 hubo una correlación significativa entre la proporción de objetos que creían haber recordado (pregunta 6) y el número de objetos que efectivamente recordaron en el test de memoria contextual (Tabla 1).

Finalmente, no hubo diferencias significativas entre los grupos en las estrategias que los participantes refirieron emplear al codificar la información en la prueba de memoria contextual (pregunta 8). Como se puede apreciar en la tabla 2, todos los participantes refirieron haber usado al menos una estrategia, siendo la visualización, el imaginarse en el restaurante, la ubicación de los objetos en el espacio y la repetición las estrategias más frecuentes. Además, los niños refirieron haber empleado con frecuencia dos o más de dichas estrategias.

Tabla 1.
Correlación entre las puntuaciones del cuestionario de metamemoria y el número de aciertos en la prueba de memoria contextual.

	Percepción de capacidad de memoria				Dificultad relativa de la tarea		Estimación de cuanto se recordaría	
	Evocación inmediata		Evocación diferida		Evocación inmediata		Evocación inmediata	
Grupos	r	p	r	p	r	p	r	p
1	-.29	.905	.062	.796	-.372	.106	.277	.237
2	-.116	.626	-.067	.778	.074	.758	.464	.039
3	.308	.187	.274	.242	-.263	.263	.501	.024
4	.307	.188	.441	.05	.371	.107	.735	.000

* Nótese como las correlaciones entre el número de aciertos en la prueba de memoria contextual y la percepción de los sujetos de su capacidad de memoria y de cuando creían que podrían recordar fueron más altas a mayor edad.

Tabla 2.
Frecuencia de cada una de las estrategias que refirieron utilizar los niños al memorizar los objetos de la prueba de memoria contextual.

	Grupos				Total
	1	2	3	4	
Estrategias utilizadas					
Restaurante	5	4	3	6	18
Asociación/grupos	3	2	1	3	9
Visualización	13	15	14	10	52
Enumeración	1	1	1	0	3
Ubicación	4	3	5	6	18
Repetición	8	2	6	1	17
Otra	0	2	4	0	6
Una estrategia	7	13	8	15	43
Dos estrategias	9	5	10	4	28
Tres estrategias	3	2	2	1	8

* Se muestran las frecuencias por grupo y las frecuencias totales. También se muestra la frecuencia con que los integrantes de cada grupo emplearon una, dos y tres estrategias.

Diferencias entre los grupos en la estrategia de categorización

La puntuación de categorización no mostró diferencias significativas en la lista de palabras ($F(3,76)= 2.13$, $p=.103$) (figura 2), aunque sí lo hizo en la lista de figuras ($F(3,76)= 6.77$, $p<.001$). Como se observa en la figura 3, los niños de los grupos 3 y 4 emplearon con más frecuencia la categorización que aquéllos de los grupos 1 y 2.

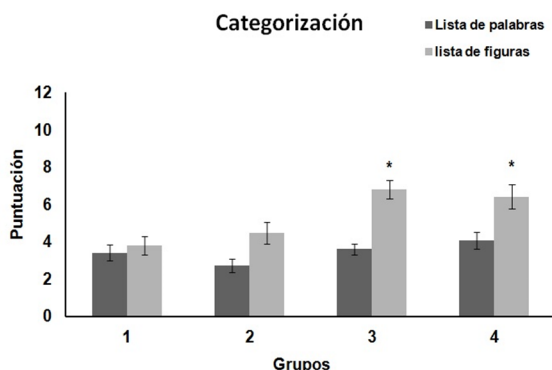


Figura 3. Puntuaciones de categorización (Med $\pm$ E.E.) en cada grupo en las listas de palabras y figuras. * muestra las diferencias significativas ($p < .001$) de los grupos 3 y 4 con respecto al grupo 1.

Discusión

Los resultados de este estudio muestran que, como esperábamos, los individuos de 12 a 15 años de edad pueden mantener un mayor número de elementos en la memoria y usan con mayor frecuencia la estrategia de categorización que aquellos de 8 a 11 años. La

correlación entre la percepción que los participantes tenían de sus propias capacidades de memoria y su desempeño en la tarea de memoria contextual fue únicamente significativa en los individuos de 14 a 15 años.

Diferencias en la capacidad de memoria entre los distintos grupos de edad

En la presente investigación se encontró que el número de elementos que los niños podían memorizar en las pruebas de memoria contextual, la lista de palabras y la lista de figuras fue mayor en los participantes de mayor la edad. Estos hallazgos son similares a los referidos por estudios previos (Carboni, 2007; Korkman, Kemp & Kirk, 2001; Rosselli et al., 2001, 2004; Meyers & Meyers, 2000). Por ejemplo, Matute et al., (2009) y Rosselli et al. (2001, 2004) observaron en niños y niñas latinoamericanos de 5 a 16 años de edad, que entre mayor era la edad mayor era la información verbal y visual que podía retenerse en la memoria. Resultados similares fueron descritos por Carboni (2007), al comparar la capacidad para aprender pares asociados e ítems simples en niños de 6-7 y 11-12 años.

Los cambios cognitivos anteriormente mencionados están relacionados con la maduración de las regiones cerebrales implicadas con la memoria. Por ejemplo el hipocampo, estructura primordial en el

almacenaje inicial o codificación consciente de todo tipo de información (Gumá, 2001), exhibe un incremento en la mielinización entre el nacimiento y los 57 años de edad (Benes, 1998), así como un incremento del volumen de la sustancia gris (Durstun et al., 2001; Giedd et al., 1996; Giedd, Castellanos, Rajapakse, Vaituzis & Rapoport, 1997; Mukherjee et al., 2002). La corteza de asociación, donde la información es almacenada (Kandel, Schwartz, Jessell, Siegelbaum & Hudspeth, 2012), muestra un incremento en el volumen de la sustancia gris durante la niñez seguido por una disminución en la adolescencia (Giedd et al. 1999; Giedd, 2004), etapa en que la memoria muestra un incremento considerable en su eficiencia (Matute et al., 2009).

La corteza prefrontal está implicada en la recuperación de la información, la memoria de trabajo, la metamemoria y el uso consciente de estrategias mnemotécnicas (Shimamura, 1995; Tirapu-Ustárriz & Muñoz-Céspedes, 2005), por lo que su maduración se asocia con una mayor eficacia de estos procesos. Esta corteza, especialmente la región dorso-lateral, es una de las estructuras cerebrales que madura más tardíamente (Casey, Giedd & Thomas, 2000) mostrando una disminución gradual de las sinapsis que inicia hacia la pubertad, un aumento de las arborizaciones

dendríticas (Bourgeois, Goldman-Rakic & Rakic, 1994; Huttenlocher & Dabholkar, 1997) y un proceso prolongado de mielinización que continúa por lo menos hasta los 20 años de edad (Giedd et al., 1999). Por ejemplo, se ha observado una asociación entre la maduración estructural de la corteza prefrontal (adelgazamiento cortical) y la memoria verbal diferida evaluada por el test California (*California Verbal Learning Test-Children's Version*, Sowell, Delis, Stiles & Jernigan, 2001).

El volumen del cuerpo calloso, primordial en la integración de la información procesada por los hemisferios izquierdo y derecho, se incrementa cerca de 1.8% por año entre los 3 y los 18 años (Giedd et al., 1999; Keshavan et al., 2002; Thompson et al., 2000). La maduración de este tracto, puede contribuir al mejoramiento del desempeño de la tarea de memoria contextual, pues es una tarea que implica la codificación de imágenes visuales (procesadas por el hemisferio derecho) que son recuperadas verbalmente (hemisferio izquierdo).

Todos los cambios anatómicos descritos anteriormente podrían dar lugar a un aumento de la especialización de ciertas áreas, así como a una mayor integración del funcionamiento de regiones distales (Scherf, Sweeney & Luna, 2006), lo

que probablemente esté ligado tanto al incremento de la capacidad de memoria, como a un mayor control de los recursos atencionales e inhibitorios.

Aunado a los cambios madurativos en la corteza cerebral, durante la niñez y la adolescencia hay un mejoramiento de ciertos procesos cognoscitivos estrechamente relacionados con la memoria, como son los mecanismos para inhibir la información irrelevante (Dempster, 1992; Gómez-Pérez, Ostrosky-Solís & Próspero-García, 2003; Huang-Pollock, Carr & Nigg, 2002), las funciones ejecutivas (Ardila, Rosselli, Matute & Guajardo, 2005) y la atención (Akhtar & Enns, 1989; Betts, McKay, Maruff & Anderson, 2006; Casey et al., 1997; Gomes, Molholm, Christodoulou, Ritter & Cowan, 2000; Matute et al., 2009).

Metamemoria

La metamemoria implica el autoconocimiento de las propias capacidades de memoria y sus limitaciones, así como el conocimiento de la dificultad relativa de la tarea de memoria (Flavell & Wellman, 1977) y el conocimiento de las estrategias más eficientes para llevar a cabo una tarea en particular (Bobrow & Norman, 1975; Brown, 1978). En esta investigación tratamos de evaluar conjuntamente varios de estos aspectos con la finalidad de tener una panorámica más integral del desarrollo de la metamemoria.

En este estudio se observó que en la adolescencia la metamemoria se torna más exacta, pues es menor la distancia que separa a la percepción que los adolescentes tienen de su capacidad de memoria y de su desempeño en las tareas que evalúan este importante proceso cognoscitivo. Aunque no encontramos diferencias con la edad en la percepción que los participantes tenían de su capacidad cotidiana de memoria, se observó que la correlación entre dicha percepción y el desempeño objetivo de la memoria contextual fue más alta a mayor edad, alcanzando la significancia estadística entre los 14 y 15 años. Paralelamente al mayor desempeño en las tareas de memoria que obtuvieron los niños entre los 13 y 15 años, hubo en ellos una mayor estimación subjetiva de la proporción de objetos que creían poder recordar. Consecuentemente, hubo una alta correlación entre la ejecución objetiva en la tarea de memoria contextual y la proporción de objetos que los niños de 10 a 15 años (grupos 2, 3 y 4) estimaron haber podido recordar. En los niños de 8 a 9 años no hubo una relación entre estos aspectos, lo cual es congruente con las ideas de Metcalfe (2000), quien afirma que la conciencia de la metamemoria es bastante pobre en los niños hasta la edad de 10 años.

Los resultados antes expuestos coinciden con trabajos previos en

donde se ha demostrado cómo las conexiones entre la metamemoria y la memoria se consolidan a medida que los sujetos crecen (Cavanaugh & Borkowski, 1980; DeMarie & Ferron, 2003; Díaz-Gómez & Rodrigo-López, 1989; Lachman, Lachman, & Thronesbery 1979; Perlmutter, 1978; Schneider, 2008; Waters, 1982). Este incremento de la capacidad de metamemoria podría relacionarse con la maduración progresiva de la corteza prefrontal que se observa entre los 8 y 15 años, pues se ha demostrado que el lóbulo frontal está estrechamente relacionado con esta capacidad (Modirrousta & Fellows, 2008; Pannu & Kaszniak, 2005).

Por otra parte, no se encontraron diferencias entre los grupos en la dificultad relativa de la tarea y por tanto, tampoco hubo relación entre esto y el desempeño de los participantes en el test de memoria contextual.

Uso de estrategias

Como ya se mencionó, uno de los componentes de la metamemoria es el conocimiento de las estrategias más adecuadas para desarrollar una determinada tarea. En este estudio se evaluaron tanto las estrategias referidas por los participantes al codificar la información como el uso espontáneo de una de las estrategias más frecuentes y efectivas: la categorización.

En cuanto a las estrategias referidas

por los participantes durante la codificación de la prueba de memoria contextual, no se observaron cambios con la edad, pero destaca el hecho de que todos ellos dijeron usar al menos una estrategia, siendo la visualización, el imaginarse en el restaurante, la ubicación de los objetos en el espacio y la repetición, las estrategias más frecuentes. Además, los niños refirieron haber empleado con frecuencia dos o más de estas estrategias. Sin embargo, no sabemos si realmente los niños emplearon esas estrategias al momento de codificar la información.

Al analizar el uso espontáneo de la estrategia de categorización, se encontró que únicamente en la lista de figuras, los niños de 12 a 15 años evocaron con más frecuencia que los de 8 a 11 años, grupos de elementos pertenecientes a una misma categoría. Este fenómeno coincide con otros trabajos en los que se ha descrito que a lo largo de la edad escolar se incrementa el uso espontáneo de la estrategia de categorización (Bjorklund & Jacobs, 1985; Bjorklund & Harnishfeger, 1987; Schneider, 1986). Asimismo, se ha sugerido que el uso de la estrategia de categorización al memorizar, aumenta con la edad paralelamente con la formación de conceptos (Schneider et al., 2004).

Sin embargo, en nuestros resultados llama la atención que sólo se encuentren diferencias entre los

grupos en la lista de figuras y no de palabras. Como se puede apreciar en la figura 3, en general el uso de la categorización fue bajo en la lista de palabras en los cuatro grupos de edad estudiados. Además, la categorización en la lista de palabras es muy similar al de la lista de figuras en los niños de 8 a 9 años, pero a partir de los 10 años la categorización en la lista de figuras se va incrementando gradualmente conforme mayor es la edad de los niños. Es factible que lo anterior se deba a las diferencias en el grado de abstracción requerido para hacer la categorización en ambas tareas. Mientras que en la lista de figuras los niños pueden agrupar las figuras geométricas basándose en su forma (característica perceptual), en la lista de palabras los niños deben de hacer forzosamente agrupaciones semánticas; es decir, los ejemplares (abstracciones en sí, por ejemplo, la palabra perro y gato) deben agruparse de acuerdo a una categoría de mayor abstracción (por ejemplo, animales). Otra posibilidad, no excluyente a la anterior, es que en la lista de figuras haya más posibilidades de asociación, ya que las figuras pueden relacionarse tanto por su forma como por su categoría semántica. Con relación a lo anterior, Bjorklund y Schneider (1996) han sugerido que es más fácil recordar elementos pertenecientes a un conjunto cuando presentan un alto grado de asociación que cuando tienen una baja asociación.

En conclusión, los resultados del presente estudio sugieren que los adolescentes de 12 a 15 años son capaces de retener más elementos en la memoria que los niños de 8 a 11 años. Además, en los primeros existe una mayor relación entre la metamemoria y el desempeño mnémico. Aunque todos los participantes refirieron utilizar estrategias para memorizar la información, se observó que el uso de la estrategia de categorización fue mayor de los 12 a los 15 años. Nuestros resultados sugieren que el incremento de la eficiencia de memoria en la adolescencia se acompaña de un desarrollo progresivo de la conciencia de las propias capacidades de memoria y el uso de estrategias como la categorización.

Agradecimientos

Agradecemos a la Dra. Esther Gómez Pérez y al Lic. Santiago Sanz Ayala por la revisión y sugerencias realizadas al manuscrito, así como a los directores y maestros de las escuelas “Centro Educativo Koala”, “Colegio Rudyard Kipling” y “Universidad del Valle de México (preparatoria Guadalajara Norte)” por permitirnos la evaluación de sus alumnos. También, de manera muy especial, agradecemos a todos y cada uno de los niños y adolescentes que desinteresadamente participaron en este estudio.

Referencias

- Akhtar, N., & Enns, J. T. (1989). Relations between covert orienting and filtering in the development of visual attention. *Journal of Experimental Child Psychology*, 48(2): 315-134.
- American Psychiatric Association (1994). Diagnostic and statistical manual of mental disorders. Fourth edition. Text Revision (DSM-IV-TR). Washington DC: American Psychiatric Association.
- Ardila, A., Rosselli, M., Matute, E., & Guajardo, S. (2005). The influence of the parents' educational level on the development of executive functions. *Developmental Neuropsychology*, 28(1), 539-560.
- Benes, F. (1998). Brain Development VII: Human brain growth spans decades. *American Journal of Psychiatry*, 155, 1489.
- Betts, J., McKay, J., Maruff, P., & Anderson, V. (2006). The development of sustained attention in children: The effect of age and task load. *Child Neuropsychology*, 12 (3), 205-221.
- Bjorklund D. F., & Jacobs, J. W. (1985). Associative and categorical processes in children's memory: The role of automaticity in the development of organization in free recall. *Journal of Experimental Child Psychology*, 39, 599-617.
- Bjorklund, D. F., & Harnishfeger, K. K. (1987). Developmental differences in the mental effort requirements for the use of an organizational strategy in free recall. *Journal of Experimental Child Psychology*, 44, 109-125.
- Bjorklund, D. F., & Schneider, W. (1996). The interaction of knowledge, aptitude, and strategies in children's memory performance. *Advances in Child Development and Behavior*, 26, 60-89.
- Bobrow, D. G., & Norman, D. A. (1975). Some principles of memory schemata. En D. G. Bobrow & A. M. Collins (Eds.), *Representation and understanding: Studies in cognitive science* (pp. 131-150), New York: Academic Press.
- Brown, A. L. (1978). Knowing when, where, and how to remember: A problem of metacognition. En R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology*. (Vol. 1, pp.103-152), Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Bourgeois, J. P., Goldman-Rakic, P. S., & Rakic, P. (1994). Synaptogenesis in the prefrontal cortex of rhesus monkeys. *Cerebral Cortex*, 4 (1), 78-96.
- Carboni, R. A. (2007). Desarrollo de la memoria declarativa. *EduPsykhé*, 6(2), 245-269.

Casey, B. J., Trainor, R., Giedd, J. N., Vauss, J., Vaituzis, C. K., Hamburger, S., et al. (1997). The role of the anterior cingulate in automatic and controlled processes: A developmental neuroanatomical study. *Developmental Psychobiology*, 30(1), 61-69.

Casey, B. J., Giedd, J. N., & Thomas, K. M. (2000). Structural and functional brain development and its relation to cognitive development. *Biological Psychology*, 54, 241-257.

Cavanaugh, J. C., & Borkowski, J. G. (1980). Searching for metamemory-connections: a developmental study. *Developmental Psychology*, 16, 441-453.

Cavanaugh, J. C., & Perlmutter, M. (1982). Metamemory: A critical examination. *Child Development*, 53, 1, 11-28.

DeMarie, D., & Ferron, J. (2003). Capacity, strategies, and metamemory: Tests of a three-factor model of memory development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 84, 167-193.

Dempster, F. N. (1992). The rise and fall of the inhibitory mechanism: Toward a unified theory of cognitive development and aging. *Developmental Review*, 12, 45-75.

Díaz-Gómez, J., & Rodrigo-López, L. M. (1989). Metamemoria y memoria: Un estudio evolutivo de sus relaciones funcionales. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 42 (2), 187-197.

Durston, S., Hulshoff, P. H. E., Casey, B. J., Giedd, J. N., Buitelaar, J. K., & Vanengeland, H. (2001). Anatomical MRI of the developing human brain: What have we learned? *Journal of the American Academy of Children and Adolescent Psychiatry*, 40,1012-1020.

Flavell, J. H., & Wellman, H. M. (1977). Metamemory. En R. V. Kail, & J. W. Hagen (Eds.), *Perspectives on the development of memory and cognition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Gathercole, S. E., & Hitch, G. J. (1993). *Developmental changes in short-term memory: A revised working memory perspective*. En A. Collins, S. E. Gathercole, M. A. Conway & P. E. Morris (Eds.), *Theories of memory*, (pp. 189-210). Hove, United Kingdom: Erlbaum.

Giedd, J. N., Vaituzis, A. C., Hamburger, S. D., Lange, N., Rajapakse, J. C., Kaysen, D., et al. (1996). Quantitative MRI of the temporal lobe, amygdala, and hippocampus in human normal development: age 4-18 years. *Journal of Comparative Neurology*, 366, 223-230.

- Giedd, J. N., Castellanos, F. X., Rajapakse, J. C., Vaituzis, A. C., & Rapoport, J. L. (1997) Sexual dimorphism of the developing human brain. *Biological Psychiatry*, 21, 1185-1201.
- Giedd, J. N., Blumenthal, J., Jeffries, N. O., Castellanos, F. X., Liu, H., Zijdenbos, A., et al. (1999). Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study. *Nature Neuroscience*, 2, 861-863.
- Giedd, J. N. (2004). Structural magnetic resonance imaging of the adolescent brain. *Annals of the New York Academy of Science*, 1021, 77-85.
- Gomes, H., Molholm, S., Christodoulou, C., Ritter, W., & Cowan, N. (2000). The development of auditory attention in children. *Frontiers in Bioscience* , 5, 108-120.
- Gómez-Pérez, E., Ostrosky-Solís, F., & Prospero-García, O. (2003). Desarrollo de la atención, la memoria y los procesos inhibitorios: Relación temporal con la maduración de la estructura y función cerebral. *Revista de Neurología*, 6, 561-567.
- Gumá, D. E. (2001). La memoria humana. En V. M. Alcaraz-Romero, & D. E. Gumá (Eds.) *Texto de neurociencias Cognitivas* (pp. 195-234). México, D.F.: El Manual Moderno-Universidad de Guadalajara-UNAM.
- Huang-Pollock, C. L., Carr, T. H., & Nigg, J. T. (2002). Development of selective attention: Perceptual load influences early versus late attentional selection in children and adults. *Developmental Psychology*, 38(3), 363-375.
- Huttenlocher, P. R., & Dabholkar, A. S. (1997). Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex. *Journal of Comparative Neurology*, 387, 167-178.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M., Siegelbaum, S. A., & Hudspeth, A. J. (2012). Principles of neural science (5a ed.), *McGraw-Hill*: New York, NY.
- Keshavan, M. S., Diwadkar, V. A., DeBellis, M., Dick, E., Kotwal, R., Rosenberg, D. R., et al. (2002). Development of corpus callosum in childhood, adolescence and early adulthood. *Life Science*, 70 (16), 1909-1922.
- Korkman, M., Kemp, S. L., & Kirk, U. (2001). Effects of age on neurocognitive measures of children ages 5 to 12: A cross-sectional study of 800 children from the United States. *Developmental Neuropsychology*, 20 (1), 331-354.
- Lachman, J. L., Lachman, R., & Thronesbery C. (1979). Metamemory

through the adult life span. *Developmental Psychology*, 5, 543-551.

Matute, E., Roselli, M., Ardila, A., & Ostrosky-Solis, F. (2007). *Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI). Manual de aplicación*. México: El Manual Moderno, Universidad de Guadalajara, UNAM.

Matute, V. E., Sanz, M. A., Gumá, D. E., Rosselli, M., & Ardila, A. (2009). Influencia del nivel educativo de los padres, el tipo de escuela y el sexo en el desarrollo de la atención y la memoria. *Revista Latina de Psicología*. 41, 257-276.

Meyers, J. E., & Meyers, K. R. (2000) Rey complex figure test and recognition trial. Supplemental norms for children and adolescents. Odessa: *Psychological Assessment Resources*, Inc. pp. 1-4.

Metcalf, J. (2000). Metamemory: Theory and data. En E. Tulving & F. I. M. Craik (Eds.), *The Oxford Handbook of Memory*, (pp. 197-211). New York: Oxford University Press.

Modirrousta, M., & Fellows, L. K. (2008). Medial prefrontal cortex plays a critical and selective role in 'feeling of knowing' meta-memory judgments. *Neuropsychologia*, 46, 2958-2965.

Mukherjee, P., Miller, J. H., Shimony,

J. S., Philip, J. V., Nehra, D., Snyder, A. Z., Conturo, T. E., Neilb, J. J., & McKinstry, R. C. (2002). Diffusion-tensor MR imaging of gray and white matter development during normal human brain maturation. *American Journal of Neuroradiology*, 23, 1445-1456.

Ostrosky-Solís, F., Gómez, E., Matute, E., Roselli, M., Ardila, A., & Pineda, D. (2003). *Neuropsi, atención y memoria. 6 a 85 años. Manual*. México: American Book Store.

Pannu, J. K., & Kaszniak, A. W. (2005). Metamemory Experiments in Neurological Populations: A review. *Neuropsychology Review*, 15, 105-130.

Perlmutter, R. M. (1978). What is memory aging the aging of? *Developmental Psychology*, 14, 330-345.

Roodenrys, S., Hulme, C., & Brown, G. (1993). The development of short-term memory span: separable effects of speech rate and long-term memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 6(3), 431-442.

Rosselli, M., Ardila, A., Bateman, J. R., & Guzmán, M. (2001). Neuropsychological test scores, academic performance, and developmental disorders in spanish-speaking children. *Developmental Neuropsychology*, 20(1), 355-373.

Rosselli-Cock, M., Matute-Villaseñor, E., Ardila-Ardila, A., Botero-Gómez, V. E., Tangerife-Salazar, G. A., Echeverría-Pulido, S. E., et al. (2004) Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI): Una batería neuropsicológica para la evaluación de niños entre 5 y 16 años de edad. Estudio normativo colombiano. *Revista de Neurología*, 38, 720-731.

Schacter, D. L., & Tulving, E. (1994). What are the memory systems of 1994. En D. L. Schacter & E. Tulving, *Memory Systems 1994* (pp. 1-38). Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Schneider, W. (1986). The role of conceptual knowledge and metamemory in the development of organizational processes in memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 42, 218-236.

Schneider, W. (2008). The development of metacognitive knowledge in children and adolescents: Major trends and implications for education. *Mind, Brain, and Education*, 2, 114-121.

Schneider, W., Kron, V., Hünnerkopf, M., & Krajewski, K. (2004). The development of young children's memory strategies: First findings from the Würzburg Longitudinal Memory Study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88, 193-209.

Shimamura, A. P. (1995). Memory and prefrontal cortex (pp. 151-159). En J. Grafman, K. J., Holyoak, & F. Boller, (Eds.). *Structure and functions of the human prefrontal cortex* (Vol. 769). New York: Annals of the New York Academy of Sciences.

Siegel, L. S. (1994). Working memory and reading: A life-span perspective. *International Journal of Behavioral Development*, 17(1), 109-124.

Sowell, E. R., Delis, D., Stiles, J., & Jernigan, T. L. (2001). Improved memory functioning and frontal lobe maturation between childhood and adolescence: A structural MRI study. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 7, 312-322.

Scherf, K. S., Sweeney, J. A., & Luna, B. (2006). Brain basis of developmental change in visuospatial working memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(7), 1045-1058.

Squire, L. R., & Zola, S. M. (1996). Structure and function of declarative and non declarative memory systems. *Proceedings of the National Academy of Science*, 93, 13515-13522.

Thompson, P. M., Giedd, J. N., Woods, R. P., MacDonald, D., Evans, A., & Toga, A. (2000) Growth patterns in the development brain detected by using continuum mechanical tensor maps. *Nature*, 404: 190-193.

Tirapu-Ustároz, J., & Muñoz-Céspedes, J. M. (2005). Memoria y funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 41, 475-84.

Toglia, J. P. (1993). *Contextual Memory Test*. San Antonio: Therapy Skill., pp.138.

Tulving, E., & Craik, F. I. M. (2000). *Handbook of Memory*. Oxford: Oxford University Press.

Waters, H. S. (1982). Memory development in adolescence: Relationships between metamemory, strategy use, and performance. *Journal of Experimental Child Psychology*, 33, 183-195.

Weschler, D. (2007). *WISC-IV: Escala Weschler de inteligencia para Niños IV: manual técnico. Versión estandarizada*. México: El Manual Moderno.

Aprendizaje secuencial en niños de 7 a 12 años de escuelas públicas y privadas

Daniel Zarabozo

Instituto de Neurociencias, CUCBA,
Universidad de Guadalajara. Jalisco,
México.

Minerva López Alvarez

Maestría en Ciencia del
Comportamiento, orientación
Neurociencia, CUCBA, Universidad
de Guadalajara. Jalisco, México.

Nayamin Aceves Ortega

Maestría en Ciencia del
Comportamiento, orientación
Neurociencia, CUCBA, Universidad
de Guadalajara. Jalisco, México

Humberto Madera Carrillo

Instituto de Neurociencias, CUCBA,
Universidad de Guadalajara. Jalisco,
México.

Correspondencia: Daniel Zarabozo. Instituto
de Neurociencias, Universidad de
Guadalajara. Francisco de Quevedo 180, Col.
Arcos Vallarta, Guadalajara, Jal. MÉXICO.
C.P. 44130 Tel.: (52) (33) 37 77 11 50 Ext.
33370

Correo electrónico: dzaraboz@cencar.udg.mx

Agradecimientos: Minerva López Alvarez y
Nayamin Aceves Ortega recibieron beca del
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
para realizar estudios de Maestría en el
Instituto de Neurociencias durante el periodo
2010 – 2011.

Resumen

Dos objetivos orientaron este trabajo:
por una parte buscamos conocer la
ejecución en una Tarea de Tiempo de
Reacción Serial (*Serial Response
Time Task*, SRTT) en niños de edad
escolar (7 a 12 años) que asistían a
escuelas públicas o a escuelas
privadas, y por la otra establecer las
proporciones de niños con
aprendizaje explícito en ambos tipos
de escuelas. De acuerdo con
nuestras hipótesis, no se
presentarían diferencias entre las
escuelas en una tarea que implica
procesos perceptuales y motores
básicos, pero la proporción de niños
con aprendizaje explícito (pueden
reportar la presencia de una
secuencia en los estímulos) sería

mayor en las escuelas privadas con respecto a las públicas. Comparamos la velocidad (tiempo de reacción, TR), la precisión (respuestas correctas, RC) y la proporción de participantes con aprendizaje explícito en una SRTT entre alumnos de escuelas primarias públicas y privadas. Formamos grupos por edad (7 a 8, 9 a 10 y 11 a 12 años) y los niños resolvieron una SRTT. Después se interrogó a los participantes sobre la existencia de una secuencia en la tarea, para clasificar su aprendizaje como implícito o explícito. Los cambios en TR fueron similares en ambos tipos de escuela, el TR y las RC difirieron entre los tres grupos de edad y se encontró una interacción entre tipos de escuela y los bloques de la tarea. Los sujetos con aprendizaje explícito fueron más numerosos en la escuela pública. Los resultados sugieren que el TR y las RC pueden evaluar procesos distintos y que el mayor entrenamiento verbal determina un mayor número de niños con aprendizaje explícito.

Palabras clave: Aprendizaje secuencial, educación pública y privada, niños.

Sequential learning in children from 7 to 12 years old from public and private schools.

Abstract

This work had two aims: first was to describe performance on a Serial Response Time Task (SRTT) of school aged children (7 to 12 years old) attending to public and private schools, second was to describe and compare proportions of children with explicit learning in both types of schools. According to our hypothesis, no differences in performance should be observed between school types in a task involving basic perceptual and motor processes, but proportions of children with explicit learning (they can report the presence of a sequence in stimuli) would be greater in private compared to public schools. We compared reaction time (RT), correct responses (CR) and proportions of participants with explicit learning between public and private elementary schools. Children were grouped by age (7-8, 9-10 and 11-12 years) and they settled a SRTT. Participants were asked about the existence of a sequence along the task, and their learning was classified as implicit or explicit. RT changes were similar in both types of school, RT and CR differ among the three age groups and an interaction between school types and blocks of the task was found. Subjects with explicit learning were more numerous in the public school. Results suggest that RT and CR can evaluate different processes and that greater verbal training is associated with a greater

number of children with explicit learning.

Keywords: Sequential learning, public and private education, children.

Introducción

La correcta ejecución de secuencias de respuestas es fundamental en muchas de nuestras actividades diarias. Multitud de secuencias - motrices o no - se observan con claridad al operar cualquier aparato doméstico o industrial, conducir un automóvil, actividades como bailar o andar en bicicleta y, desde luego, en el uso del lenguaje (Pacton, Perruchet, Fayol & Cleeremans, 2001).

Un modelo frecuentemente usado para el estudio del aprendizaje de secuencias es la Tarea de Tiempo de Reacción Serial (*Serial Response Time Task*, SRTT). En su versión original (Nissen & Bullemer, 1987) se presentó un estímulo visual en una de cuatro posiciones (A,B,C,D, de izquierda a derecha) en una pantalla, y los participantes debían oprimir una de cuatro teclas (3,5,7,9 en un teclado QWERTY), dependiendo de la posición particular del estímulo, tan rápido como les fuera posible, usando los dedos medio o índice izquierdos (posiciones A o B) y los dedos índice y medio derechos (posiciones C o D). Los estímulos se presentaron en ocho bloques de 100 ensayos en dos condiciones, una en cada grupo de

sujetos: aleatoria (las posiciones no tenían orden alguno) o secuencial (10 posiciones –DBCACBDCBA– repetidas 10 veces). En la condición secuencial los tiempos de reacción disminuyeron a lo largo de los bloques mucho más pronunciadamente que en la condición aleatoria, aunque el porcentaje de respuestas correctas se incrementó sólo en un 7% (de 91 a 98 %) a lo largo de los 8 bloques de la tarea. Con una tarea similar Deroost y Soetens (2006) demostraron que si en un conjunto de bloques secuenciales se intercalaba un bloque con posiciones aleatorias los tiempos de reacción mostraban un notorio incremento, para disminuir de nuevo cuando las posiciones de los estímulos eran presentadas secuencialmente.

La ejecución de una SRTT por adultos jóvenes en los dos trabajos mencionados se caracterizó por disminuciones del tiempo de reacción (de hasta 51%) y por pequeños incrementos en la cantidad de respuestas correctas (hasta cerca de 7%) entre el primero y el último bloques secuenciales. La disminución del Tiempo de Reacción (TR) y el incremento de Respuestas Correctas (RC) a lo largo de una SRTT son considerados como indicadores del aprendizaje de la secuencia, aunque se ha prestado mucha más atención al TR que al incremento de RC (Nissen & Bullemer, 1987; Deroost & Soetens, 2006; Robertson, 2007).

Diversos autores (Ferdinand, R nger, Frensch & Mecklinger, 2010; Frensch & R nger, 2003; Karatekin, White & Bingham, 2009) han descrito que si bien los sujetos disminuyen su TR a lo largo de una SRTT, no todos son capaces de describir la secuencia de estímulos que observaron y, en ocasiones ni siquiera de reportar que observaron una repetición de los estímulos. Reber (1967, 1989) y otros autores (Eimer, Goschke, Schlaghecken & St rner, 1996; Frensch & R nger, 2003; López-Ramón, 2006; R sseler, 1999) han empleado el término “aprendizaje explícito” para caracterizar el cambio conductual en aquellos participantes que pudieron detectar la existencia de una secuencia en los estímulos y “aprendizaje implícito” para designar lo ocurrido en los que no fueron capaces de hacerlo. Sin embargo, la definición de aprendizaje implícito como “*la capacidad de aprender sin darse cuenta (without awareness) de los productos del aprendizaje*” (Frensch & R nger, 2003, p. 13) no da cuenta de los procesos que le subyacen. De manera correspondiente, cuando los participantes son conscientes (*aware*) de lo que han aprendido el aprendizaje se asume como explícito. Así el aprendizaje implícito es definido en términos del producto resultante y no de las propiedades del proceso de aprendizaje.

Meulemans y Van der Linden (1998) emplearon una SRTT con niños y

jóvenes de 6 y 7, 10 y 11, y 18 a 27 años, mezclando secuencias de posiciones aleatorias con secuencias de posiciones repetidas (BDACDBADCA), pero al comparar los TR entre secuencias aleatorias y secuencias ordenadas no pudieron observar grandes diferencias, concluyendo que no existieron diferencias atribuibles a la edad en el conocimiento implícito adquirido en los tres grupos de participantes.

Muchos trabajos han descrito cómo ocurre la disminución del TR en personas de distintas edades (Deroost & Soetens, 2006; Destrebecqz & Cleeremans, 2003; Willingham, Nissen & Bullemer, 1989) en diversas condiciones, y aunque hay reportes sobre aprendizaje secuencial de niños (Barnes, Howard, Howard, Kenealy & Vaidya, 2010; Feldman, Kerr & Streissguth, 1995; Gidley & Mostofsky, 2008; Thomas & Nelson, 2001) no conocemos a la fecha una descripción sistemática de los cambios en la función del decremento del TR y del incremento de las RC a lo largo de la edad escolar. Dado que algunas habilidades como la alternancia de criterios de clasificación cambian de manera no lineal en edades tempranas (p. Ej. Diamond, Carlson & Beck, 2006) resulta de interés caracterizar el desempeño de los niños en una SRTT a lo largo de una etapa que corresponde a la educación básica y que comprende edades de 7 a 12 años.

Además, diversos estudios han señalado diferencias significativas entre estudiantes de escuelas públicas y privadas en diversos aspectos escolares como el desempeño en la lectura (Urquijo, 2009) y las matemáticas (Dronkers & Robert, 2008) e incluso en características como la creatividad (Alfonso-Benlliure & Valadez Huizar, 2013). Estas diferencias, favorables a las escuelas privadas, se han atribuido a factores como los distintos niveles socioeconómicos de los estudiantes (Duarte, Bos, & Moreno, 2010) o los distintos niveles educativos de los padres de los alumnos (Ardila, Rosselli, Matute & Guajardo, 2005; Matute, Sanz Martin, Gumá Díaz, Rosselli & Ardila, 2009).

Si el aprendizaje secuencial, relacionado de manera importante con procesos perceptuales que pueden ser considerados básicos en el desarrollo (Robertson, 2007) es relativamente insensible al efecto de influencias culturales, el desempeño de niños de escuelas públicas y privadas debería ser semejante, por lo que nos propusimos estudiar la ejecución de una SRTT en niños de edad escolar (7 a 12 años) que asistían a escuelas públicas o a escuelas privadas, así como comparar las proporciones de niños con aprendizaje explícito en ambos tipos de escuelas. De acuerdo con nuestras hipótesis, la ejecución debería ser similar entre los niños de ambos tipos de escuela, pero la

capacidad de reportar verbalmente la presencia de una secuencia en los estímulos podría ser influida por el mayor énfasis que se hace en las escuelas privadas sobre aspectos relacionados con la lectura y la escritura, de modo que se encontrarán más participantes con aprendizaje explícito en las escuelas privadas.

Método

Participantes

Participaron 119 niños, voluntarios, varones, con edades de 7 a 12 años de dos escuelas públicas ($n = 59$) y de dos escuelas privadas ($n = 60$), que cursaban un grado escolar correspondiente con su edad. En todos los casos se solicitó por escrito autorización de los padres y profesores de los niños. Cuando no se recibió respuesta de los padres se procedió con base en la autorización de los profesores. Todos los participantes debieron obtener una clasificación término medio o mayor en la prueba de inteligencia de Raven (1993) y un puntaje T menor que 70 en el factor de hiperactividad de las Escalas de Conners (véase Sattler, 1996). Ocho niños fueron excluidos del análisis porque emitieron menos de 33% de respuestas correctas. El protocolo de investigación fue aprobado por el Comité de Ética del Instituto de Neurociencias (registro número ET042011-108).

En cada tipo de escuela se formaron grupos por edad: 7 a 8 años ($n = 37$), 9 a 10 años ($n = 35$) y 11 a 12 años ($n = 39$). En las escuelas públicas los tres grupos de edad quedaron formados por 17, 16 y 19 niños, mientras que en las privadas se formaron con 20, 19 y 20 niños, respectivamente. Cada niño fue evaluado individualmente.

Material y Procedimiento

A los participantes se les dijo que la tarea era un juego de computadora y se les instruyó para responder “...lo más rápidamente que puedas. Si te equivocas no te preocupes y sigue con el juego”. Los estímulos se presentaron en la pantalla (13.3”, fondo negro) de una computadora portátil de marca comercial, situada aproximadamente a 60 cm de los ojos del sujeto. Un punto de fijación en el centro de la pantalla siempre estuvo presente. Centrado verticalmente se presentó en cada ensayo un cuadro blanco de 1.5 cm de lado en una de cuatro posiciones horizontales, dos a la izquierda y dos a la derecha del punto de fijación. Las posiciones fueron designadas A, B, C y D (de izquierda a derecha) y las separaciones entre sus centros fueron de 2.5 cm.

La SRTT se basó en la utilizada por Nissen y Bullemer (1987). Se pidió a los sujetos fijar la mirada en el punto de fijación y oprimir lo más rápidamente posible una tecla (C, V, N o M) con los dedos medio o índice

de cada mano, según el estímulo apareciera en las posiciones A o B (mano izquierda) o D o C (mano derecha). Después de una práctica para verificar la comprensión de las instrucciones se presentaron 11 bloques de 100 ensayos cada uno. Después de los tres primeros bloques, se hizo una pausa de aproximadamente tres minutos, y entre los bloques sólo medió el tiempo que el experimentador empleó para activar la presentación en la computadora. En cada ensayo, el estímulo se presentó durante 200 ms, con un intervalo interestímulo (ISI) variable, de 1000 a 1500 ms.

En los bloques 1 a 3 (bloques aleatorios, BA), el estímulo se presentó aleatoriamente en una de las cuatro posiciones. En los bloques 4 a 11 (bloques secuenciales, BS), el estímulo se presentó repitiendo 10 veces la secuencia de posiciones DBCACBDCBA, y los sujetos vieron en cada bloque una sucesión continua de 100 estímulos. El Tiempo de Reacción (TR) se midió a partir de la aparición del estímulo y no hubo retroalimentación sobre el desempeño en ningún momento de la sesión. Las Respuestas Correctas (RC) se contaron cuando la tecla oprimida correspondió a la instrucción. Sólo se analizaron tiempos de reacción en el caso de las respuestas correctas. La presentación de los estímulos y el registro de los tiempos de reacción se realizaron con un programa

desarrollado en el laboratorio (Zarabozo, 1998).

Al finalizar la tarea de tiempo de reacción serial en la computadora los participantes fueron interrogados sobre si “*habían notado algo interesante en el juego*”. Las respuestas que implicaban la detección de “*orden*” o “*repetición*” llevaron a clasificar el aprendizaje como “*explícito*”, mientras que en otro caso se le consideró “*implícito*”.

Resultados

Para cada sujeto se calcularon los promedios de TR y se contaron las RC en cada uno de los 11 bloques (3 BA y 8 BS).

Los datos se sometieron a un Análisis de Varianza Mixto con dos factores entre grupos: Escuela (Pública, Privada) y Edad (7 a 8, 9 a 10, 11 a 12 años), y un factor de medidas repetidas: Bloque (1 a 11). Se aplicó la corrección de Greenhouse-Geisser cuando fue necesario y se reportaron los grados de libertad originales (enteros).

En cuanto al Tiempo de Reacción no hubo diferencias significativas entre ambos tipos de escuela (Figura 1), aunque sí las hubo (Figura 2) entre los tres grupos de edad ($F(2,105) = 40.87$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.44$). Comparaciones *a posteriori* (Bonferroni, $\alpha = 0.05$) mostraron

diferencias entre el grupo 7 a 8 años y los otros dos grupos de edad, pero no entre los dos grupos mayores (9 a 10 y 11 a 12 años). Por otra parte, el efecto del factor Bloque ($F(10,105) = 282.86$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.73$) y la interacción Edad x Bloque ($F(20,105) = 2.77$, $p < 0.005$, $\eta^2 = 0.05$) también fueron significativos. Por último, el Tiempo de Reacción no fue distinto entre los tres primeros bloques (BA), pero en cada uno de los siguientes siete bloques (BS) fue significativamente menor (Bonferroni, $\alpha = 0.05$) que en cada uno de los bloques aleatorios y que en el bloque secuencial anterior.

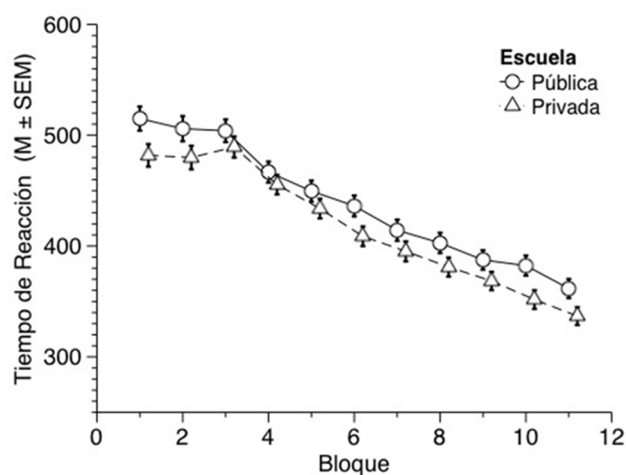


Figura 1. Tiempo de Reacción (ms) en escuelas Públicas ($n = 52$) y Privadas ($n = 59$) en los 11 bloques de la prueba.

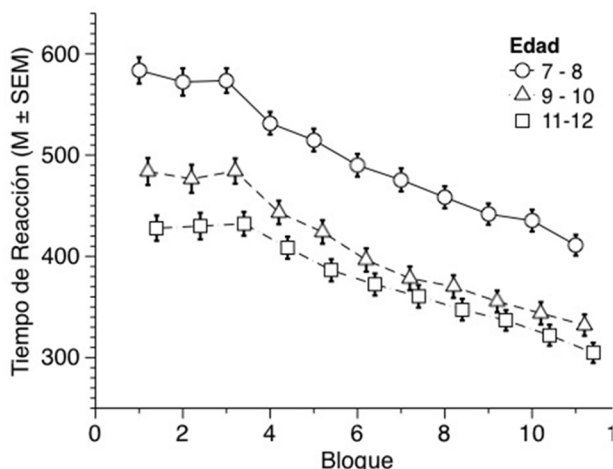


Figura 2. Tiempo de Reacción (ms) en los tres grupos de edad 7 a 8 ($n = 37$), 9 a 10 ($n = 35$) y 11 a 12 años ($n = 39$) de edad, en los 11 bloques de la prueba.

En cuanto a las Respuestas Correctas, fueron significativos los efectos principales de Tipo de Escuela ($F(1,105) = 10.73$, $p < 0.005$, $\eta^2 = 0.09$), Edad ($F(2,105) = 19.51$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.27$) y Bloque ($F(10,105) = 66.27$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.39$), y la interacción Escuela x Bloque ($F(10,105) = 8.68$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.08$). Comparaciones *a posteriori* (Bonferroni, $\alpha = 0.05$) señalaron que los tres grupos de edad difirieron significativamente entre sí ($7 \text{ a } 8 < 9 \text{ a } 10 < 11 \text{ a } 12$) y que las RC en cada uno de los bloques secuenciales 5 a 11 fueron significativamente mayores que las de cada uno de los bloques aleatorios. La Figura 3 muestra las RC en los tres grupos de edad. Los promedios de RC en los bloques aleatorios para los niños de 7-8, 9-10 y 11-12 años fueron 58%, 65% y 76% respectivamente) mientras que en

los bloques secuenciales los mismos datos fueron 66%, 74% y 83%). La Figura 4 muestra los efectos del Tipo de Escuela y del Bloque sobre las RC, así como la interacción entre ambos factores. Las comparaciones *a posteriori* (Bonferroni, $\alpha = 0.01$) indicaron que a partir del bloque 7 las diferencias entre los niños de ambos tipos de escuelas fueron significativas.

Además, el número y la proporción de participantes clasificados con aprendizaje implícito o explícito en los tres grupos de edad se muestran en la Tabla 1, donde se observa que las proporciones de niños con aprendizaje explícito aumentan progresivamente en los tres grupos de edad.

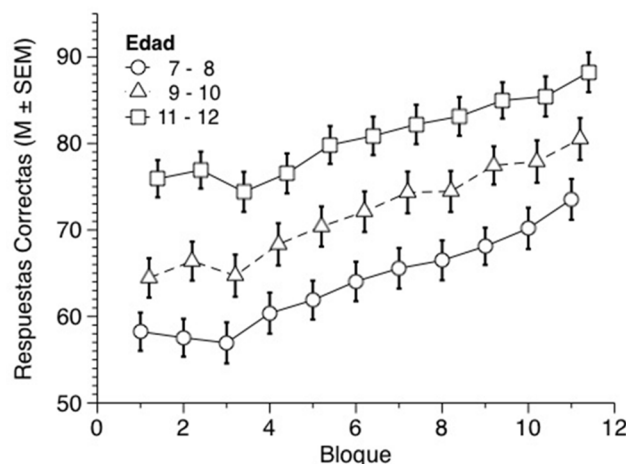
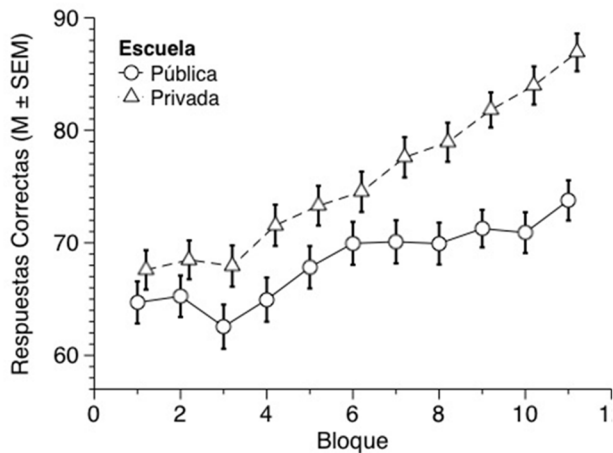


Figura 3. Respuestas Correctas en los tres Grupos de Edad 7 a 8 ($n = 37$), 9 a 10 ($n = 35$) y 11 a 12 años ($n = 39$) de edad.



La Tabla 2 muestra los datos correspondientes en los dos tipos de escuela y puede verse que la proporción de niños con aprendizaje explícito es más del doble en la escuela privada. Tanto las diferencias entre grupos de edad ($X^2(2) = 7.15, p < 0.03$) como entre tipos de escuela ($X^2(1) = 10.17, p < 0.01$) fueron significativas.

Figura 4. Respuestas Correctas en escuelas Públicas ($n = 52$) y Privadas ($n = 59$) en los 11 bloques de la prueba.

Tabla 1.

Frecuencias y (proporciones) de niños con aprendizaje implícito o explícito en los tres grupos de edad.

Grupo de Edad (años)				
Aprendizaje	7 – 8	9 – 10	11 - 12	Total
Implícito	32 (.87)	25 (.71)	23 (.59)	80
Explícito	5 (.13)	10 (.29)	16 (.41)	31
Total	37 (1)	35 (1)	39 (1)	111

Tabla 2.

Frecuencias y (proporciones) de niños con aprendizaje implícito o explícito en los dos tipos de escuela.

Tipo de Escuela			
Aprendizaje	Pública	Privada	Total
Implícito	45 (.86)	35 (.59)	80
Explícito	7 (.14)	24 (.41)	31
Total	52 (1)	59 (1)	111

Discusión

Con este trabajo buscamos determinar si el aprendizaje secuencial es diferente entre niños de escuelas pública y privada, cómo cambia la ejecución en una tarea de aprendizaje secuencial con la edad y, por último, si son diferentes las proporciones de niños con aprendizaje explícito en los dos tipos de escuela. Se presentaron cambios similares en el TR entre ambos tipos de escuelas, diferencias en el TR y en las RC entre los tres grupos de edad, y una mayor presencia de niños con aprendizaje explícito en las escuelas privadas. Además, observamos una interacción entre el tipo de escuela y la precisión de las respuestas a lo largo de la tarea.

Durante las últimas décadas la Tarea de Tiempo de Reacción Serial (SRTT) descrita por Nissen y Bullemer (1987) ha sido un modelo muy utilizado en esta área de investigación. De hecho, en una revisión realizada por Schwarb y Schumacher (2012) los autores afirman que el “efecto estándar” del aprendizaje secuencial puede resumirse como *“interacciones significativas Bloque x Orden – aleatorio, secuencial- observadas tanto en el Tiempo de Reacción como en las Respuestas Correctas, ocurriendo que los participantes sometidos al orden secuencial*

responden más rápida y precisamente que los sometidos al orden aleatorio” (p. 166).

Si bien en el diseño experimental que nosotros empleamos todos los participantes respondieron a los estímulos presentados de ambas maneras (aleatoria y secuencialmente) el efecto mencionado se observó con claridad cuando se compararon los resultados entre ambos tipos de bloques. Este efecto se presentó de manera similar en ambos tipos de escuelas y en los tres grupos de edad y, tal como se observó en los bloques aleatorios en este estudio y como se ha reportado en la literatura (Deroost & Soetens, 2006; Nissen & Bullemer, 1987), no puede atribuirse sólo a la práctica en la tarea, sino principalmente a la detección de una secuencia en los estímulos por parte de los participantes.

El patrón de la disminución progresiva de los tiempos de reacción fue similar entre los tres grupos de edad. Sin embargo el grupo de niños más pequeños (7 a 8 años) se diferenció práctica (100 ms o más) y estadísticamente de los niños más grandes (9 a 12 años de edad). Más todavía, los niños de 9 a 10 años disminuyeron más aceleradamente sus tiempos de reacción, de manera que en los últimos bloques de la tarea su ejecución fue prácticamente igual que la de los niños más grandes (11 a 12 años).

En el caso de los dos grupos de niños mayores (9 a 12 años) la diferencia del tiempo de reacción entre el primero y el último bloques secuenciales (cerca de 100 ms) es comparable con la reportada en estudiantes universitarios de 20 años de edad (Deroost & Soetens, 2006) y con la observada por Destrebecqz et al. (2003) en universitarios con un rango de edad de 18 a 32 años, lo que puede interpretarse como indicación de que los requerimientos atencionales y de selección de respuesta que influyen sobre la velocidad de la respuesta se encuentran bien establecidos alrededor de los 10 o 12 años de edad. Más todavía, el proceso básico cuyo indicador es el TR no fue distinto entre niños de escuelas públicas y privadas, hallazgo que apoya nuestra predicción de que las variables responsables de diferencias entre estudiantes de ambos tipos de escuela (p. Ej. en lectura o matemáticas) no influyen de la misma manera en procesos básicos como el aprendizaje secuencial.

En contraste con el patrón de agrupamiento de los tiempos de reacción (niños más pequeños por una parte, y niños medianos y grandes por la otra), las respuestas correctas entre los tres grupos de edad a lo largo de la tarea mostraron incrementos progresivos y bien diferenciados entre las tres edades. Esos diferentes patrones observados

en nuestras dos variables de interés, el tiempo de reacción y las respuestas correctas, dificultan una interpretación simultánea de ambos datos.

Los resultados concernientes a las respuestas correctas fueron muy distintos. Las investigaciones que han utilizado un modelo similar de SRTT con estudiantes universitarios reportan abundantes respuestas correctas en promedio, de 95% y 97% en bloques aleatorios y secuenciales, respectivamente (Nissen y Bullemer, 1987) y de 96 % en bloques secuenciales (Deroost y Soetens, 2006). Comparando esos resultados con los obtenidos en nuestro estudio, la tarea pareció ser mucho más difícil para los niños, inclusive considerando sólo a los mayores (11 a 12 años), quienes obtuvieron 13% menos aciertos en comparación con los reportados en estudiantes universitarios. Por otra parte, nuestros resultados muestran diferencias en la precisión relacionadas con la edad, ya que el número de respuestas correctas aumenta de manera consistente y progresiva de un grupo de edad al otro.

Otros investigadores (Savion-Lemieux, Bailey & Penhune, 2009; Thomas & Nelson, 2001) que también han trabajado con niños utilizando una SRTT modificando el modelo de Nissen y Bullemer (1987) han reportado resultados contradictorios

en relación con la precisión (RC) de las respuestas emitidas por los niños en bloques secuenciales. Por una parte, Thomas y Nelson (Experimento 1) reportaron RC por encima de 80% en niños de 7 y de 10 años, mientras que Savion-Lemieux et al. (2009) encontraron que niños de 6 y de 8 años respondían con exactitud menor (60% y 75%, respectivamente). Nuestros datos señalan porcentajes de RC mucho menores que los reportados por esos autores para edades similares y bloques secuenciales equivalentes. Las diferencias entre nuestros resultados y los de los autores mencionados pueden explicarse por las distintas instrucciones y modalidades de respuesta empleadas. Thomas y Nelson (2001) instruyeron a los participantes para responder con cualquier dedo o combinación de dedos presentando cinco bloques (uno aleatorio, dos secuenciales, uno aleatorio y uno secuencial) y utilizando una caja con cuatro botones, mientras que Savion-Lemieux et al. (2009) emplearon un teclado semejante al de un piano y requirieron la respuesta con los cuatro dedos de una mano, excluyendo el pulgar; además excluyeron propositivamente de las instrucciones el énfasis en la rapidez de la respuesta. El modelo empleado por nosotros, más similar al de Nissen y Bullemer (1987) permite de manera más directa la comparación con resultados obtenidos en sujetos adultos, tanto durante los bloques

aleatorios como durante los secuenciales. Además, hace evidente cómo algunos procesos que subyacen al aprendizaje de secuencias se desarrollan con la edad.

La interacción observada entre tipo de escuela y los bloques que conforman una SRTT llama la atención y no hemos encontrado referencias a ella en la literatura. Aunque de acuerdo con los criterios de Cohen (1988) el tamaño del efecto sea pequeño, la diferencia en la ejecución de los niños en ambos tipos de escuela es totalmente consistente en los últimos 5 bloques secuenciales de la tarea. Ya que el desempeño y la forma de la función fueron similares durante la primera mitad de la tarea, el decaimiento de la atención sostenida en los niños de la escuela pública podría explicar la diferencia que se presenta durante los cinco últimos bloques secuenciales, aunque se requiere más trabajo experimental sobre este punto.

En lo que toca a los participantes con aprendizaje de tipo implícito o explícito, las proporciones crecientes de sujetos explícitos en los tres grupos progresivos de edad señala la probable relación entre aspectos de maduración y la capacidad para reportar verbalmente la detección de una secuencia en los estímulos. Por otra parte, los mismos datos analizados en términos del tipo de escuela señalan la importancia del

efecto que el tipo de escuela puede tener sobre las capacidades de verbalización de los niños. Estas diferencias, favorables a las escuelas privadas, se han atribuido a factores como los distintos niveles socioeconómicos de los estudiantes (Duarte et al., 2010) o los distintos niveles educativos de los padres de los alumnos (Ardila et al., 2005). Sin embargo, se han reportado correlaciones entre la ejecución de tareas de SRT y desempeño verbal en lengua inglesa (Kaufman et al., 2010; Pretz, Tott & Kaufman, 2010). Dado lo anterior, es posible que el que se dé un mayor énfasis al desarrollo de las habilidades verbales en las escuelas privadas que en las públicas se relacione con una mayor capacidad para describir su experiencia durante la ejecución de una SRTT.

Las diferencias entre los patrones que se observan en la evolución del TR y la de las RC podrían apoyar la propuesta de que ambas variables están relacionadas con diferentes procesos. Savion-Lemieux et al. (2009) sugieren que el TR está más relacionado con una integración sensoriomotriz que es de tipo implícito, mientras que las RC se relacionan con el establecimiento de asociaciones estímulo-respuesta, de carácter más explícito. En línea con esta propuesta, la disminución observada en el TR en los participantes de las tres edades y de los dos tipos de escuela se

interpretaría como manifestación de que las capacidades de tipo sensorial (detección y discriminación del estímulo) y motor (selección y ejecución de la respuesta) implicadas en esta tarea ya se encuentran presentes en los participantes de estas edades, y varían en grado sólo entre los niños de 7 a 8 años y los otros dos grupos (de 9 a 12 años). Por otra parte, la capacidad de establecer asociaciones entre los distintos estímulos y las respuestas que les corresponden tendría un desarrollo más gradual a lo largo de la edad escolar. Nuestros resultados muestran cómo aumenta la proporción de sujetos explícitos a lo largo de los tres grupos de edades, y ese incremento progresivo concuerda con los cambios en la precisión de las respuestas en las distintas edades. Esto puede sugerir que el desarrollo de habilidades verbales asociado con la instrucción de a los niños la posibilidad de expresar de mejor manera lo que vieron.

Si nuestra interpretación es correcta, en niños seleccionados en función de su mejor repertorio verbal (p. Ej. lectura, coherencia narrativa, identificación de analogías verbales, etc.) se observarían mayor precisión durante una tarea de aprendizaje secuencial, en comparación con niños que con menor repertorio verbal.

Conclusiones

Por una parte, nuestros resultados apoyan la propuesta de que existen diferencias entre los procesos que subyacen a la rapidez de las respuestas y a la exactitud de las mismas reportadas en niños de edades similares (Thomas & Nelson, 2001; Savion-Lemieux et al., 2009) y por otra parte, muestran un incremento ordenado a lo largo de la edad escolar en la precisión de las respuestas, lo que permite proponer este último indicador como una medida más fina del desarrollo en la capacidad de establecer relaciones entre estímulos y respuestas, por lo menos en este rango de edad.

También podemos afirmar que los procesos que subyacen al aprendizaje secuencial, por lo menos en lo que toca al tiempo de reacción no son influidos de manera importante por los aspectos sociales, económicos y de educación de los padres, a los que han sido atribuidas las diferencias en desempeño en otros aspectos escolares como el aprendizaje de la lectura y las matemáticas (Urquijo, 2009; Ortiz Padilla & Gravini Donado, 2012) o en aspectos como el desarrollo de funciones ejecutivas (Ardila et al., 2005). Por otra parte la precisión de las respuestas, que en los estudios con adultos tiene valores superiores al 90% independientemente de la

presentación (aleatoria o secuencial) de los estímulos, en los niños parece desarrollarse asociada con la edad.

Por último, para la forma en la que los niños de escuelas públicas se diferenciaron progresivamente de los de escuelas privadas durante la etapa final de la tarea de tiempo de reacción serial no disponemos de una explicación puntual. Diferencias en la atención sostenida podrían corresponder a lo que muestran nuestros datos, pero esa hipótesis deberá ser explorada empleando pruebas diseñadas con ese fin específico.

Referencias

- Alfonso-Benlliure, A., & Valadez Huízar, M. (2013). Intereses académicos, extraescolares y desempeño creativo en educación primaria según género, tipo de escuela y contexto escolar. *Revista Mexicana de Psicología*, 30(1), 41-52.
- Ardila, A., Rosselli, M., Matute, E., & Guajardo, S. (2005). The influence of the parents' educational level on the development of executive functions. *Developmental Neuropsychology*, 28(1), 539-560. doi: 10.1207/s15326942dn2801_5
- Barnes, K. A., Howard Jr, J. H., Howard, D. V., Kenealy, L., & Vaidya, C. J. (2010). Two forms of implicit learning in childhood ADHD.

Developmental Neuropsychology, 35 (5), 494-505. doi: 10.1080/87565641.2010.494750

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd Ed.), New York: Psychology Press.

Deroost, N., & Soetens, E. (2006). The role of response selection in sequence learning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(3), 449-456. doi: 10.1080/17470210500462684

Destrebecqz, A., & Cleeremans, A. (2003). Temporal effects in sequence learning. En L. Jiménez (Ed.), *Attention and Implicit Learning* (pp. 181-234). Philadelphia: John Benjamins.

Destrebecqz, A., Peigneux, P., Laureys, S., Degueldre, C., Del Fiore, G., Aerts, J., et al. (2003). Cerebral correlates of explicit sequence learning. *Cognitive Brain Research*, 16(3), 391-398. doi: 10.1016/S0926-6410(03)00053-3

Diamond, A., Carlson, S. M., & Beck, D. M. (2006) Preschool children's performance in task switching on the Dimensional Change Card Sort Task: Separating the dimensions aids the ability to switch. *Developmental Neuropsychology*, 28(2), 689-729. doi: 10.1207/s15326942dn2802_7

Dronkers, J., & Robert, P. (2008).

School choice in the light of the effectiveness differences of various types of public and private schools in 19 OECD countries. *Journal of School Choice*, 2(3), 260-301. doi: 10.1080/15582150802371499

Duarte, J., Bos, M. S., & Moreno, M. (2010). *¿Enseñan mejor las escuelas privadas en América Latina? Estudio comparativo usando los resultados del SERCE. Notas Técnicas # 5*. Banco Interamericano de Desarrollo.

Eimer, M., Goschke, T., Schlaghecken, F., & Stürmer, B. (1996). Explicit and Implicit learning of event sequences: Evidence from event-related potentials. *Journal of Experimental Child Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22(4), 970-987. doi: 10.1037/0278-7393.22.4.970

Feldman, J., Kerr, B., & Streissguth, A. P. (1995). Correlational analyses of procedural and declarative learning performance. *Intelligence*, 20, 87-114. doi: 10.1016/0160-2896(95)90007-1

Ferdinand, N. K., Rüniger, D., Frensch, P. A., & Mecklinger, A. (2010). Event-related potential correlates of declarative and non-declarative sequence knowledge. *Neuropsychologia*, 48, 2665-2674. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2010.05.013

Frensch, P. A., & Rüniger, D. (2003).

Implicit learning. *Current Directions in Psychological Science*, 12, 13-18. doi: 10.1111/1467-8721.01213

Gidley Larson, J. C., & Mostofsky, S. H. (2008). Evidence that the pattern of visuomotor sequence learning is altered in children with autism. *Autism Research*, 1(6), 341-353. doi: 10.1002/aur.54

Karatekin, C., White, T., & Bingham, C. (2009). Incidental and intentional sequence learning in youth-onset psychosis and Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD). *Neuropsychology*, 23(4), 445-459. doi: 10.1037/a0015562

Kaufman, S. B., DeYoung, C. G., Gray, J. R., Jiménez, L., Brown, J., & Mackintosh, N. (2010). Implicit learning as an ability. *Cognition*, 116(3), 321-340. doi: 10.1016/j.cognition.2010.05.011

López-Ramón, M. F. (2006). Relaciones entre aprendizaje implícito y explícito e inteligencia general en alumnos de enseñanza general básica (EGB). *Interdisciplinaria*, 23(1), 101-118

Matute, E., Sanz Martin, A., Gumá Díaz, E., Rosselli, M., & Ardila, A. (2009). Influencia del nivel educativo de los padres, el tipo de escuela y el sexo en el desarrollo de la atención y la memoria. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 41(2), 257-276

Meulemans, T., & Van der Linden, M. (1998). Implicit sequence learning in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 69, 199-221. doi: 10.1006/jecp.1998.2442

Nissen, M. J., & Bullemer, P. (1987). Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 19(1), 1-32. doi: 10.1016/0010-0285(87)90002-8

Ortiz Padilla, M., & Gravini Donado, M. (2012). Estudio de la competencia matemática en la infancia. *Psicogente*, 15(27), 139-152.

Pacton, S., Perruchet, P., Fayol, M., & Cleeremans, A. (2001). Implicit learning out of the lab: The case of orthographic regularities. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(3), 401-426. doi: 10.1037//0096-3445.130.3.401

Pretz, J. E., Totz, K. S., & Kaufman, S. B. (2010). The effects of mood, cognitive style, and cognitive ability on implicit learning. *Learning and Individual Differences*, 20, 215-219. doi: 10.1016/j.lindif.2009.12.003

Raven, J., Raven, J. C., & Court, J. H. (1993). *Test de Matrices Progresivas*. Buenos Aires: Paidós.

Reber, A. S. (1967). Implicit learning of artificial grammars. *Journal of*

Verbal Learning and Verbal Behavior, 5, 855-863. doi: 10.1016/S0022-5371(67)80149-X

Reber, A. S. (1989). Implicit learning and tacit knowledge. *Journal of Experimental Psychology: General*, 118(3), 219-235. doi: 10.1037/0096-3445.118.3.219

Robertson, E. M. (2007). The serial reaction time task: Implicit motor skill learning? *The Journal of Neuroscience*, 27(38), 10073-10075. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2747-07.2007

Rüsseler, J. (1999). *Implicit and explicit learning of event sequences: an analysis with event-related brain potentials*. Unpublished Doctoral Dissertation, Philipps-Universität, Marburg.

Sattler, J. M. (1996). *Evaluación infantil* (3ª ed.). México, D.F.: Manual Moderno.

Savion-Lemieux, T., Bailey, J. A., & Penhune, V. B. (2009). Developmental contributions to motor sequence learning. *Experimental Brain Research*, 195, 293-306. doi: 10.1007/s00221-009-1786-5.

Schwarb, H., & Schumacher, E. H. (2012). Generalized lessons about sequence learning from the study of the serial reaction time task. *Advances in Cognitive Psychology*, 8(2), 165-178. doi: 10.2478/v10053-

008-0113-1

Thomas, K. M., & Nelson, C. A. (2001). Serial reaction time learning in preschool- and school-age children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 79, 364-387. Doi: 10.1006/jecp.2000.2613

Urquijo, S. (2009). Aprendizaje de la lectura. Diferencias entre escuelas de gestión pública y de gestión privada. *Evaluar*, 9, 19-34.

Willingham, D. B., Nissen, M. J., & Bullemer, P. (1989). On the development of procedural knowledge. *Learning, Memory, and Cognition*, 15(6), 1047-1060. Doi: 10.1037/0278-7393.15.6.1047

Zarabozo, D. (1998). *EsVis_W: estímulos visuales y tiempo de reacción* (Versión 1.0). [Programa de Computadora]. VI Concurso Nacional de Instrumentación Biomédica. San Luis Potosí, México.

Evaluación del conocimiento ortográfico en adultos jóvenes y su relación con la lectura

Fabiola R. Gómez-Velázquez

Instituto de Neurociencias,
Universidad de Guadalajara. Jalisco,
México.

Andrés A. González-Garrido

Instituto de Neurociencias,
Universidad de Guadalajara. Jalisco,
México.

O.P.D. Hospital Civil de Guadalajara.
Jalisco, México.

Joan Guàrdia-Olmos

Facultat de Psicologia. Institut de
Recerca en Cognició, Cervell i
Conducta IR3C. Universitat de
Barcelona, España.

Maribel Però-Cebollero

Facultat de Psicologia. Institut de
Recerca en Cognició, Cervell i
Conducta IR3C. Universitat de
Barcelona, España.

Daniel Zarabozo-Hurtado

Doctorado en Ciencia del
Comportamiento; Orientación
Neurociencia, Instituto de
Neurociencias, Universidad de
Guadalajara. Jalisco, México.

Daniel Zarabozo

Instituto de Neurociencias,
Universidad de Guadalajara. Jalisco,
México.

Correspondencia: Dra. Fabiola R. Gómez-Velázquez. Instituto de Neurociencias, Universidad de Guadalajara. Francisco de Quevedo 180, Col. Arcos Vallarta, Guadalajara, Jal. MÉXICO CP 44130. Tel: (+52)33-38-18-07-40 ext. 33359. Correo electrónico: fabiolargomez@gmail.com

Agradecimientos: La presente investigación fue parcialmente financiada por el fondo mixto SEP-CONACYT no. 183561 asignado al primer autor. D.Z.H. recibió beca para la realización de su doctorado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) durante el periodo en el que se desarrolló este proyecto. Agradecemos la colaboración en la recolección de datos de Elizabeth Rodríguez, Guadalupe Miranda y Gustavo Berumen. Especialmente agradecemos las valiosas sugerencias del Dr. Fernando Leal en la construcción de las tareas.

Resumen

Introducción: Las dificultades con el conocimiento ortográfico se consideran un problema extendido entre los jóvenes de habla española, pero no es clara la magnitud de tal problema, sus características o la relación que el pobre conocimiento ortográfico tiene con la lectura.

Metodología: Se evaluó el conocimiento ortográfico de 827 estudiantes de bachillerato usando una batería de siete tareas: Elección de Grafías Homófonas, Dictado de Carta, Dictado de Palabras, Detección de Errores en un Texto, Redacción Libre, Elección de Palabras Homófonas y Conocimiento de Reglas de Ortografía. **Resultados:** Se encontró que los jóvenes cometen un significativo mayor número de errores de ortografía arbitraria (sustitución de una letra homófona) que de ortografía natural (modificación que altera la fonología de la palabra). De las siete tareas aplicadas, la de Dictado de Palabras es la más sensible para detectar dificultades ortográficas, en cambio la tarea de Conocimiento de las Reglas de Ortografía guarda poca relación con la comisión de errores ortográficos. Los jóvenes con bajo conocimiento ortográfico leen significativamente más lento que aquellos con un conocimiento ortográfico medio y alto. Adicionalmente se observó que los estudiantes de escuelas públicas

presentan un menor conocimiento ortográfico que los provenientes de escuelas privadas. **Conclusiones:** El pobre conocimiento ortográfico puede asociarse tanto con factores externos al individuo como un contexto escolar poco favorecedor, así como ser resultado de factores intrínsecos al individuo como las dificultades en el aprendizaje de la lectura.

Palabras clave: ortografía, escritura, lectura, dislexia, adultos.

Orthographic knowledge and reading skills in young adults.

Abstract

Introduction: The poor spelling skills are considered as a widespread problem among young Spanish-speaking students, though the actual magnitude of the orthographic problem or its relationship with reading abilities are far from be clear.

Methodology: The present study evaluated the orthographic knowledge on 827 High School students, through a test-battery which included the following tasks: Homophone Letter Multiple Choice, Letter Dictation, Word Spelling, Error Detection, Text Writing, Homophone-Word Multiple Choice and Knowledge of Spelling Rules. **Results:** The greater amount of spelling errors were due to homophonic letter substitutions. The Word Spelling task showed the highest correlation with the total

amount of errors, although the knowledge of spelling rules showed feeble relation with the misspelled written words. Young readers with low orthographic knowledge read significantly slower than those with medium and high orthographic knowledge. Additionally, it was found that students attending public schools showed lower orthographic knowledge than those who attend the private ones. *Conclusions:* The poor spelling knowledge may depend upon the complex interactions of environmental factors as an unfavorable school context, with other individual-related causes as reading disabilities.

Keywords: orthography, writing, reading, dyslexia, adults.

Introducción

Según la Real Academia Española “la ortografía es un conjunto de normas que regulan la escritura de una lengua” (1999), en la que las letras constituyen la representación gráfica de sus fonemas usuales. Una ortografía ideal debería tener una letra y sólo una, para cada fonema y viceversa, aunque prácticamente ninguna lengua tiene una ortografía con una correspondencia total. En el caso del español, la fijación de nuestra ortografía es resultado de un largo proceso de ajustes entre la pronunciación y la etimología, gobernado por la costumbre lingüística (RAE, 1999).

La ortografía del español se considera transparente, debido a la alta correspondencia entre grafemas y fonemas para la lectura. En la escritura, sin embargo, la correspondencia fonema-grafema no es tan transparente como se creía (Leal, Matute & Zarabozo, 2005), ya que existen diferentes maneras de representar algunos fonemas, lo que da origen a las llamadas “faltas de ortografía” o pseudohomófonos, es decir, palabras con la misma fonología que la palabra real pero con un error ortográfico, por ejemplo *corasón*. Esto hace que aprender a leer sea más fácil que aprender a escribir, como se ha demostrado en algunas investigaciones que reportan mayor cantidad de errores al escribir que al leer (Gómez-Velázquez, González-Garrido, y Vega-Gutiérrez, 2010).

Existen dos tipos generales de error ortográfico, uno llamado heterofónico o también considerado de ortografía natural, que supone la alteración del principio alfabético e implica un cambio en la fonología de la palabra al pronunciar lo escrito (errores en la correspondencia fonema-grafema, en la secuencia de los grafemas o en la segmentación de la cadena hablada); el segundo tipo de error es homofónico o también considerado de ortografía arbitraria, porque este error no altera la fonología de la palabra sino que viola las convenciones ortográficas que

establecen la forma de escribir algunas palabras (para revisión ver Cervera & Ygual, 2006; Matute & Leal, 2003). Este último error se produce al sustituir letras asociadas con un mismo fonema (resultando en un seudohomófono como *abión*), lo que es generado principalmente por confusiones al usar cuatro combinaciones de letras homófonas S-C-Z, B-V, G-J, Y-LL, además de errores en el uso de la grafía silente H. En la lecto-escritura del español no siempre se sigue el principio ideal de biunivocidad según el cual cada letra debe representar siempre al mismo fonema y cada fonema debe representarse siempre mediante la misma letra (Lara, 1986), tal es el caso de la letra G que representa a dos fonema /g/ y /j/, o el caso de las letras S, C, y Z que representan las tres a un mismo fonema, particularmente en el español latinoamericano, que no hace distinción en la pronunciación de estas letras.

Matute y Leal (2003) señalan que "...para la lectura, el español tiene reglas de correspondencia grafema-fonema claras y el número de grafías que guardan una relación unívoca con su fonema correspondiente es importante. En cambio, las reglas ortográficas, para la escritura, con frecuencia no son claras y por tanto las ambigüedades en la escritura nos hacen depender de reglas de combinación, frecuencia de uso,

reflexiones semánticas, etc., para lograr una escritura ortográficamente aceptable".

En un estudio sobre la ortografía de los estudiantes de educación básica en México, el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (Backhoff, Peon, Andrade & Rivera, 2008), reportó 27 tipos de error ortográfico, donde el más frecuente fue el de acentuación en los tres grados evaluados (tercero y sexto de primaria, y tercero de secundaria). Sin embargo, una revisión de esos datos muestra que el error más frecuente surge cuando se suman los errores de ortografía arbitraria que involucran a las grafías mencionadas previamente, lo que representó el 28.2% de todos los errores cometidos por estudiantes de tercero de primaria (la acentuación fue el 25.04% en ese nivel). En otros estudios del español también se reporta que los errores de ortografía más frecuentes son por omisión de acentos y errores en el uso de letras con sonido homófono como la sustitución B-V (del Pino, 1985; Leal, Matute & Zarabozo, 2005).

En ausencia de reglas claras sobre la representación gráfica de los fonemas asociados con las grafías mencionadas, consideramos que la correcta escritura de las palabras dependerá básicamente de mecanismos de memoria visual, de las propias habilidades del individuo

para almacenar las representaciones ortográficas de las palabras en memoria a largo plazo, de la exposición a las palabras impresas, así como de la atención que se preste a su aprendizaje en el contexto escolar, entre otros factores. Se asume que durante el desarrollo del proceso lector los estudiantes inicialmente aprenden el código alfabético (con él se desarrolla además la conciencia de los fonemas) y aplican reglas de conversión grafema-fonema para decodificar las palabras. Posteriormente, gracias a la exposición frecuente a las palabras, reconocen globalmente los patrones ortográficos que han ido almacenando en memoria (lexicón ortográfico o vocabulario visual). Progresivamente van adquiriendo una conciencia ortográfica, es decir, la noción de que las palabras tienen una única manera de ser escritas, independientemente de su contexto, lo que les permite reconocerlas a golpe de vista, automáticamente y prácticamente sin esfuerzo, incrementando la velocidad lectora y liberando recursos de procesamiento que serán destinados a procesos más complejos como la comprensión, dejando la decodificación grafema-fonema o sólo para palabras nuevas o poco frecuentes (para revisión ver Ehri, 2005; Adams, 1990).

Sin embargo, para algunos niños este proceso no evoluciona así, ya que continúan destinando gran cantidad

de recursos de atención y memoria a la decodificación de las palabras, aún de aquellas muy frecuentes, por lo que la automatización del proceso se retrasa, restringiendo las posibilidades del niño de prestar atención a las regularidades y excepciones de la ortografía de su lengua, obstaculizando el aprendizaje de los patrones ortográficos y lentificando la lectura (Murphy, Pollatsek & Well, 1988; Vaessen & Blomert, 2010). Con el aprendizaje y la experiencia, estos niños presentan menos errores de ortografía natural, observándose sólo ocasionalmente en palabras infrecuentes y complejas, pero la presencia de errores de ortografía arbitraria (seudohomófonos) puede extenderse hasta la edad adulta (Tops, Callens, Lammertyn, Van Hees & Brysbaert, 2012; González-Garrido, Gómez-Velázquez & Rodríguez-Santillán, 2014).

Los problemas con la escritura ortográfica se han asociado con las dificultades en el aprendizaje de la lectura o dislexia del desarrollo (Bowers, Golden, Kennedy & Young, 1994; Landerl, 2001), particularmente en niños que presentan una lectura significativamente más lenta que sus pares (Gómez-Velázquez et al., 2010). La dificultad para establecer asociaciones entre representaciones fonológicas y visuales que se manifiesta tempranamente como una lenta denominación de letras, posteriormente puede derivar en una

lectura lenta y frecuentes errores ortográficos. Esos problemas ortográficos podrían además estar exacerbados por el poco interés por la lectura que suelen mostrar los niños con dificultades lectoras, lo que hace que se expongan menos a las formas ortográficas de las palabras (Stanovich, 1986).

Se ha reportado además en la dislexia una asociación estrecha entre la escritura ortográfica (*spelling*) y la calidad de la composición al escribir (Berninger, Nielsen, Abbott, Wijsman & Raskind, 2008).

Dificultades ortográficas menos severas, aunque más generalizadas, suelen observarse en los estudiantes de niveles superiores de educación (Matteoda, 1998; Díaz, 2008; Gómez, 2005), las cuales podrían relacionarse con los métodos de enseñanza que suelen apoyarse en el aprendizaje memorista de reglas de ortografía, la poca atención que se presta a la ortografía de los estudiantes en el contexto educativo o bien al descrédito social de la convención ortográfica (Carratalá, 2013). Se considera que estas dificultades ortográficas afectan el desarrollo tanto académico como social, provocan un rendimiento bajo en tareas de lectura y escritura, lo que influye negativamente en el rendimiento escolar y produce un retraso en la adquisición de conocimientos en la mayoría de las áreas del currículo, además de un

deterioro en la imagen social que repercute en la autoestima del estudiante (Cervera & Ygual, 2006).

Se conoce poco sobre la incidencia de las dificultades de ortografía en los jóvenes de habla española, sobre su relación con el contexto escolar, con el desarrollo lector, con el nivel académico de los padres o con el gusto por la lectura. Adicionalmente no existen datos sobre cuál es la tarea de escritura más sensible para detectar a los individuos que presentan dificultades con la ortografía. Todo lo anterior motivó la realización de la presente investigación, con el objetivo esencial de determinar el conocimiento que tienen los estudiantes de preparatoria sobre la ortografía de su lengua, particularmente la incidencia y características de los errores de ortografía arbitraria. La información obtenida nos permitirá tener una visión más clara de la magnitud del problema en nuestros jóvenes, además de determinar si el bajo conocimiento ortográfico se relaciona con un deficiente proceso lector.

En este contexto se diseñaron varias tareas: una para evaluar el conocimiento de reglas ortográficas y seis tareas de escritura enfocadas específicamente a la evaluación de errores de ortografía arbitraria (seudohomófonos). El diseño de las tareas y su aplicación tuvo la intención de dar respuesta a las

siguientes preguntas: ¿cuál es la frecuencia media de errores de escritura que cometen los estudiantes de preparatoria?, ¿qué proporción de esos errores son de ortografía natural y arbitraria?, ¿qué tipo de tareas son más sensibles para evaluar el conocimiento ortográfico de los estudiantes?, ¿el conocimiento de reglas de ortografía se relaciona con la comisión de errores de ortografía arbitraria?, ¿la frecuencia de errores en el uso de una grafía se relaciona con su frecuencia de aparición en la ortografía del español?, y finalmente ¿las dificultades ortográficas se relacionan con las habilidades lectoras en los adultos?, con la hipótesis general de que la cantidad de errores al escribir, particularmente de tipo homófono, podría estar relacionada tanto con factores externos al individuo como el contexto escolar, como con factores internos como las dificultades en el aprendizaje de la lectura.

Metodología

Sujetos

Participaron 827 estudiantes mexicanos del último grado de bachillerato general (12vo. grado), provenientes de 5 escuelas públicas y 4 escuelas privadas de las ciudades de Guadalajara y Querétaro, México; todos diestros, entre 17 y 19 años de edad (Media= 17.5, DE = 0.58), el 53.4% eran mujeres y el 51.2% provenían de escuelas públicas. Fue

una muestra no seleccionada ya que se aplicaron las tareas a todos los estudiantes presentes en el aula al momento de la evaluación.

Las pruebas se aplicaron de manera grupal en una sola sesión matutina de aproximadamente una hora de duración, además se aplicó un cuestionario para la obtención de datos personales y antecedentes que pudieran tener relación con el conocimiento ortográfico como la escolaridad y ocupación de los padres, dificultades de atención o aprendizaje durante la primaria, grados reprobados, percepción subjetiva sobre sus habilidades con la ortografía y su gusto por la lectura.

De acuerdo con los datos personales reportados por los participantes, la escolaridad media del padre fue de 13.0 años de estudios (DE = 4.3), donde más del 45 % tenía estudios de licenciatura o superiores. La escolaridad media de la madre fue 12.1 (DE = 3.9) y más del 30 % tenía estudios de licenciatura o superiores.

Diseño de las Tareas

No existen pruebas estandarizadas para evaluar el conocimiento ortográfico del español, por lo que creó una *Batería de Conocimiento Ortográfico*, integrada por de siete tareas: Elección de Grafías Homófonas, Dictado de Carta, Dictado de Palabras, Detección de Errores en un Texto, Redacción Libre, Elección de Palabras Homófonas y

Conocimiento de Reglas de Ortografía. Para el diseño de las tareas se buscó hacer énfasis en las grafías críticas que nos interesaban: C-S-Z, B-V, G-J, Y-LL, H, determinando antes la frecuencia relativa de éstas en el español. Para este efecto se creó un diccionario de frecuencias léxicas de libros de texto usando el programa *ConPal* (Zarabozo, Gómez-Velázquez,

Varela, 2011), que se construyó con 656,251 palabras (3,212,128 grafemas) tomadas de 17 libros de texto desde primaria hasta bachillerato. Con dicho corpus se determinó la frecuencia de las palabras, así como la frecuencia relativa de los grafemas críticos (ver Tabla 1).

Tabla 1.
Frecuencia de grafemas homófonos en el español.

Grafema	Fonema	Frecuencia relativa (grafema-fonema)	Porcentaje entre homófonos	Porcentaje del grupo homófono	
C	/s/	1.51	11.3	c-s-z	71.4
S	/s/	7.62	57.2		
Z	/s/	0.38	2.9		
B	/b/	1.34	10.0	b-v	16.9
V	/b/	0.93	6.9		
G	/j/	0.24	1.8	g-j	4.8
J	/j/	0.40	3.0		
Y	/y/	0.21	1.6	y/ll	3.4
LI	/y/	0.24	1.8		
H	/ø/	0.46	3.5	h	3.5
Total		13.33	100	100	

* Se determinó la frecuencia a partir de 3,212,128 grafemas contenidos en 17 libros de texto de primaria, secundaria y preparatoria.

En todas las tareas se cuantificaron los errores cometidos por los estudiantes, tanto de ortografía arbitraria (homófonos) como de ortografía natural (heterofónicos). En todos los casos se pidió a los jóvenes cuidar la ortografía y el trazo de la letra.

Tarea 1. Elección de Grafías Homófonas: 36 palabras con los 5 tipos de grafías homófonas. Se pidió completar el espacio en blanco con la letra que considerasen correcta, ejemplo: **b-v**, ri__alidad.

Tarea 2. Dictado de una Carta: Texto narrativo adaptado del libro de

lecturas de 3º de primaria de la SEP que contiene 196 palabras.

Tarea 3. Dictado de Palabras: 40 palabras, 9 con acento ortográfico. En la creación de la lista se buscó una distribución equitativa de palabras frecuentes e infrecuentes de acuerdo al diccionario de frecuencias creado *ex profeso*, así como una distribución lo más ecológica posible según tabla 1, con más estímulos de S-C-Z que de los otros grupos de grafías (s-c-z: 38%, b-v: 24%, g-j: 12%, y-ll: 10%, h: 16%).

Tarea 4. Detección de Errores Homófonos: Texto expositivo “Bacterias”, contiene 276 palabras entre las que se introdujeron 22 errores plausibles (cometidos por estudiantes del mismo nivel en una prueba piloto), de los cinco tipos de grafías críticas (s-c-z: 41%, b-v: 18%, g-j: 9%, y-ll: 9%, h: 23%). Se pidió marcar las letras que consideraban que estaban mal en las palabras, ejemplo: *evolusonado*. Se contó como error homófono la omisión en la detección de una palabra mal escrita.

Tarea 5. Redacción Libre: los participantes eligen libremente las palabras que usarán. Se solicitó argumentar por escrito su opinión respecto a la legalización del aborto.

Tarea 6. Elección de Palabras Homófonas: 10 pares de palabras homófonas. Se solicitó elegir la palabra que completara la oración,

ejemplo: Tuvieron que _____ a los sospechosos. a) *aprender* b) *aprehender*

Tarea 7. Conocimiento de Reglas de Ortografía: 12 afirmaciones sobre las reglas de ortografía más conocidas. Se pidió elegir la opción que consideraran correcta, ejemplo: Antes de *b* o *p* siempre se escribe: a) *m*, b) *n*, c) *cualquiera de las dos*.

En el análisis de los resultados de las tareas no se evaluó la construcción gramatical, la sintaxis o los errores de acentuación, estos últimos sólo se evaluaron en el Dictado de Palabras (El Diccionario de Frecuencias Léxicas de Libros de Texto y la Batería de Conocimiento Ortográfico están disponibles en la página www.labnfc.com).

Clasificación del Rendimiento Ortográfico

Dado nuestro interés por estudiar las “faltas de ortografía” se definió para la presente investigación al *Conocimiento Ortográfico* como la habilidad de los individuos para almacenar en memoria los patrones ortográficos de las palabras, lo que le permite escribirlas sin errores homófonos o detectar la presencia de éstos. De manera que, se sumaron los errores homófonos de las tareas 1 a la 5 en un Total de Errores Homófonos y se clasificó a los estudiantes con un Alto, Medio o Bajo Conocimiento Ortográfico, para así comparar ese conocimiento con su rendimiento lector.

Resultados

Incidencia de Errores

Los resultados obtenidos en la aplicación de las siete tareas de la Batería del Conocimiento Ortográfico se presentan en la Tabla 2. Respecto de la comisión de errores homófonos, la tarea en la que se cometieron menos errores fue Redacción Libre y la que generó mayor número de

errores fue la Detección de Errores en un Texto. De las tareas 6 y 7, en las que no se evalúan errores homófonos, la que generó más errores fue la de Conocimiento de Reglas Ortográficas. El número de errores en la acentuación de las palabras también es alto, considerando que cometen en promedio 5 de 9 posibles errores, de los cuales un 93% correspondieron a la omisión del acento ortográfico.

Tabla 2.
Resultados de la Batería de Conocimiento Ortográfico.

Tarea	Errores	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	% sujetos con ≥ 3 errores
1. Elección Grafías Homófonas	4.8	4.8	0	16	65.7
2. Dictado de Carta	2.5	2.5	0	16	38.8
3. Dictado de Palabras	3.4	3.6	0	18	45.0
4. Detección de Errores en un Texto	5.8	4.1	0	20	75.5
5. Redacción Libre	0.8	1.2	0	8	9.3
6. Elección de Palabras Homófonas	2.6	1.8	0	10	50.8
7. Conocimiento Reglas Ortografía	3.9	2.3	0	10	71.0
Acentuación (Dictado Palabras)	4.9	3.8	0	25	70.6
Total de Errores Homófonos*	17.2	12.4	1	60	96.8
Total de Errores Heterófonos*	1.9	2.9	0	25	24.4

* De la tarea 1 a la 5 se presenta la media de errores homófonos. En las tareas 6 y 7 se presenta la media de errores en la elección de la respuesta. *El total de errores homófonos y heterófonos se calculó sumando los errores en las tareas de la 1 a la 5.

En un análisis de varianza de medidas repetidas se encontró un significativo mayor número de errores homófonos que heterófonos ($F_{1,825} = 1445.9$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .637$), donde los homófonos representaron el 90.1

% de todos los errores cometidos por los estudiantes. La distribución de frecuencias del Total de Errores Homófonos no presenta una distribución normal, ya que la mayor proporción de los individuos se

agrupa en el segmento de menor número de errores y un reducido número de ellos comete una gran cantidad de errores (ver Figura 1).

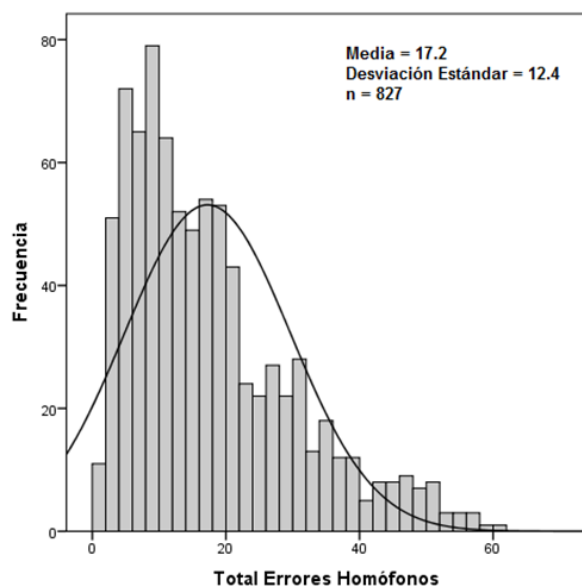


Figura 1. Distribución de frecuencias del total de errores homófonos

Los resultados confirmaron que la cantidad de errores se relaciona con la frecuencia de las grafías en la ortografía de nuestra lengua. Tanto en tareas en las que se controló la cantidad de estímulos por grupo de grafías críticas, como en las que no se controló, la mayor cantidad de errores se encontró en palabras que contienen C-S-Z, que es el grupo más frecuente en nuestra ortografía (ver tabla 1), por ejemplo en la Detección de Errores representó un 63.3 % y en

el Dictado de Carta un 46.6%; seguida de errores en palabras con B-V (Detección de Errores 17.3 % y Dictado de Carta 19.0%), el resto de los errores se distribuyó de manera similar entre los restantes grupos de grafemas homófonos G-J, Y-LL y H.

Relación entre las Tareas de Conocimiento Ortográfico

Para establecer la relación entre las tareas se realizó un análisis de correlaciones de Pearson de los errores cometidos en ellas (los reportados en Tabla 1) con respecto del Total de Errores Homófonos, eliminando la contribución de cada una de ellas en ese total (ver Figura 2). La tarea que mostró la mayor correlación con el Total de Errores Homófonos fue la de Dictado de Palabras y la que mostró menor correlación fue la de Redacción Libre, por lo que puede considerarse a la primera como la más sensible y a la última como la menos sensible para evaluar la comisión de errores de ortografía. La Elección de Palabras Homófonas, el Conocimiento de Reglas de Ortografía y la Acentuación, que como se mencionó evalúan un tipo de error diferente, presentaron correlaciones bajas, aunque significativas, con el Total de Errores Homófonos.

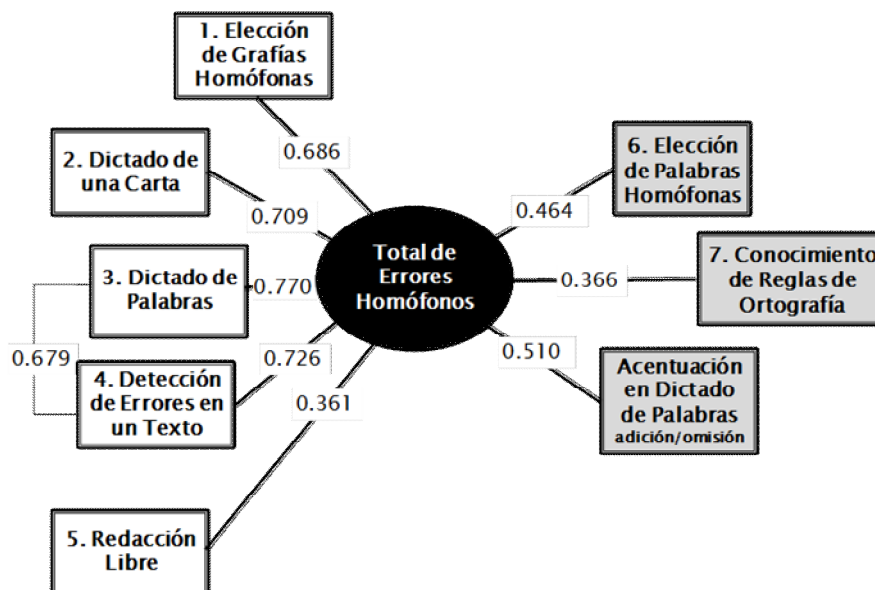


Figura 2. Correlación de Pearson de los errores homófonos en cada tarea con el total de errores, eliminando la contribución de cada una en el total de errores. La tarea que mejor correlaciona con el total de errores es la de Dictado de Palabras. La correlación más alta entre tareas se encontró entre Dictado de palabras y Detección de Errores Homófonos en un texto. Todas las correlaciones son significativas a un nivel de $p < 0.01$ ($n = 827$).

Relación entre el Conocimiento Ortográfico y los antecedentes personales

Se buscó la posible relación entre los antecedentes de los estudiantes y su rendimiento en las tareas de ortografía, encontrándose una correlación negativa entre el total de errores homófonos y la escolaridad del padre $r = -.231$, la escolaridad de la madre $r = -.185$, y con el número de libros leídos por año $r = -.322$, de manera que a mayor escolaridad de los padres y mayor número de libros leídos por año, los jóvenes tendieron a cometer menos errores. Aun cuando estas correlaciones resultaron estadísticamente significativas ($p < 0.01$), la intensidad de la relación es muy baja puesto que el coeficiente de determinación es inferior a 0.07.

Propiedades Psicométricas de las Pruebas

Para establecer las propiedades psicométricas de las pruebas se incluyeron sólo las cuatro pruebas que mostraron la mayor correlación con el Total de Errores Homófonos y similar distribución de frecuencias: Elección de Grafías Homófonas, Dictado de Carta, Dictado de Palabras y Detección de Errores en un Texto, para llevar a cabo un análisis a partir del índice de discriminación basado en las correlaciones. Se encontró que las cuatro tareas muestran un elevado poder discriminativo, superior a 0.6. El valor del coeficiente de alfa de Cronbach es de 0.859, que tal como señala Muñiz (2005) indica una

excelente fiabilidad como consistencia interna.

Puesto que la batería de cuatro pruebas presentó una excelente fiabilidad, se procedió a estudiar la validez de constructo a partir de un análisis de componentes principales, hipotetizando la unidimensionalidad del constructo medido. Para la realización del análisis se obtuvieron los valores de Kaiser-Meyer-Olkin (.882) y del test de esfericidad de Bartlett ($\chi^2 = 1595.318$, g.l.= 6, $p < .001$). Los resultados indican la adecuación de la reducción de la dimensionalidad. De hecho, se obtiene un único factor que explica un 71.89% de la variabilidad total, además los 4 indicadores o tareas cargan por igual en el componente obtenido, puesto que los valores de las cargas factoriales están entre 0.825 (Elección de Grafía Homófona) y 0.881 (Dictado de Palabras)

Se comprobó la unidimensionalidad del constructo y se procedió a la baremación de las puntuaciones. Puesto que las diferentes tareas tienen un rango de medida diferente, se unificaron a un rango de 0 a 9 utilizando como punto de corte los percentiles de la distribución observada. En la Tabla 3 se muestran las puntuaciones directas en cada tarea y las puntuaciones transformadas, por ejemplo, si una persona tiene 5 errores en Elección de Grafías Homófonas la puntuación transformada que le corresponde es un 6 ($PD = 5 \rightarrow PT = 6$). Se suman las puntuaciones transformadas de los 4 indicadores y se obtiene el Total de Errores Homófonos para establecer su ubicación en percentiles (ver Tabla 4).

Tabla 3.
Transformación de puntuaciones de las pruebas de Conocimiento Ortográfico.

Percentil	Elección de Grafías Homófonas		Dictado de Carta errores homófonos		Dictado de Palabras errores homófonos		Detección de errores en texto omisiones	
	PD	PT	PD	PT	PD	PT	PD	PT
10	1	2	0	0	0	0	1	1
20	1	2	0	0	1	3	2	2
30	2	3	1	4	1	3	3	3
40	3	4	1	4	2	5	4	4
50	4	5	2	6	2	5	5	5
60	5	6	2	6	3	6	6	6
70	6	7	3	7	4	7	7	7
80	7-8	8	4	8	5-6	8	8-9	8
90	>8	9	>4	9	>6	9	>9	9

* PD: puntuación directa; PT: puntuación transformada. Si hay 0 errores en PD el valor en PT es también de 0.

Tabla 4.
Baremación de la puntuación Total de Errores Homófonos.

Total Errores		
Homófonos	Escuela	Escuela
Resumen del indicador	Pública	Privada
n	424	403
Media	22.62	17.67
Mediana	24.00	17.00
Desv. Estándar	9.65	9.28
Mínimo	1	1
Máximo	36	36
Percentiles		
5	6	3
10	8	5
15	11	7
20	13	9
25	15	10
30	16	11
35	19	13
40	20	15
45	22	16
50	24	17
55	25	18
60	27	20
65	28	22
70	30	23
75	31	25
80	33	26
85	34	28
90	35	31
95	36	33

* Para la baremación se incluyeron en el total de errores homófonos los resultados de sólo 4 tareas: Elección de Grafías Homófonas, Dictado de Carta, Dictado de Palabras y Detección de Errores en un Texto.

Relación del género y tipo de escuela con el Conocimiento Ortográfico

La muestra de 827 jóvenes estuvo integrada por un 51.3% de estudiantes provenientes de una escuela pública y un 48.7% que estudiaban en una escuela privada.

Se comparó el rendimiento entre el tipo de escuela de procedencia usando el estadístico t de Student para grupos independientes para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas en la puntuación del Total de Errores Homófonos (ver Tabla 5), se encontró que los estudiantes de escuelas públicas cometen un significativo mayor número de errores homófonos en comparación con los estudiantes provenientes de escuelas privadas ($t = 7.514$; g.l. = 825; $p < .001$). Por esa razón se realizó una baremación diferenciando por tipo de escuela (ver Tabla 4).

Adicionalmente se comparó el rendimiento entre hombres y mujeres usando la misma prueba estadística y se encontró un menor rendimiento en los hombres con respecto de las mujeres tanto en el Total de Errores Homófonos como de Ortografía Natural (ver Tabla 5), aunque estas diferencias no son muy grandes y no justificarían la distinción por género ($t = 2.010$; g.l. = 825; $p = 0.045$).

Tabla 5.
Conocimiento Ortográfico según tipo de escuela y género.

<i>Preparatorias</i>	<i>n</i>	<i>Total errores homófonos</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>p</i>
Preparatoria Pública	424	20.4	13.9	1	60	0.000
Preparatoria Privada	403	13.9	10.2	1	57	
Hombres	385	18.4	12.9	1	58	
Mujeres	442	16.3	11.9	1	60	

Conocimiento ortográfico y su relación con la lectura

Para evaluar la asociación de las habilidades ortográficas con el rendimiento lector, se clasificó a los estudiantes con base en el Total de Errores Homófonos como: *Altos*, aquellos con un total de errores menor o igual al percentil 15; *Medios*, con errores entre el percentil 30 y 70, *Bajos*, con errores por arriba del percentil 85, de acuerdo con los datos presentados en la Tabla 4. Se seleccionaron 15 estudiantes de cada grupo para realizar una evaluación individual de lectura (Altos: 8 hombres y 7 mujeres; Medios: 7

hombres y 8 mujeres; Bajos: 12 hombres y 3 mujeres), que consistió en la lectura en voz alta de un texto expositivo en el que se midió la velocidad (palabras por minuto), la eficiencia (errores no corregidos) y la comprensión lectora. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor el cual mostró diferencias entre grupos en la velocidad lectora ($F_{2,42} = 14.386$, $p < 0.01$) y en los errores al leer ($F_{2,42} = 4.061$, $p < 0.05$), pero no en la comprensión lectora. Los resultados de este análisis con las comparaciones a posteriori de Tukey se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6.
Conocimiento Ortográfico y Lectura. DE: desviación estándar.

<i>Variable Lectora</i>	<i>GRUPO ALTO n=15 Media (DE)</i>	<i>GRUPO MEDIO n=15 Media (DE)</i>	<i>GRUPO BAJO n=15 Media (DE)</i>	<i>Comparación entre Grupos</i>	<i>p</i>
Velocidad (palabras por minuto)	166.4 (27.5)	144.4 (18.3)	125.2 (15.4)	Alto vs Medio	0.017
				Alto vs Bajo	0.000
				Medio vs Bajo	0.043
Errores	1.9 (2.9)	4.1 (3.3)	5.5 (4.3)	Alto vs Medio	0.218
				Alto vs Bajo	0.019
				Medio vs Bajo	0.500
Comprensión	6.3 (1.8)	5.3 (2.3)	4.9 (2.8)	Alto vs Medio	0.435
				Alto vs Bajo	0.214
				Medio vs Bajo	0.887

Los estudiantes del grupo Bajo leyeron significativamente más lento que los jóvenes de los grupos Medio y Alto, además de presentar más errores al leer que los del grupo Alto. Adicionalmente, la correlación entre el Total de Errores Homófonos con la velocidad lectora en estos 45 participantes fue de $r = -0.621$, $p < 0.01$, donde a mayor cantidad de errores los estudiantes tendieron a leer un menor número de palabras por minuto; la correlación con errores fue de -0.455 , $p < 0.01$, sin correlación significativa con la comprensión lectora. El promedio de velocidad lectora del grupo Bajo corresponde al nivel mínimo de palabras leídas por minuto que se espera para 6° grado de primaria, según los Estándares Nacionales de Habilidad Lectora de la Secretaría de Educación Pública de México (2010), de los 15 participantes del grupo Bajo, 13 tenían un nivel de velocidad lectora de 6° de primaria o inferior, lo que representa una lectura muy deficiente para su edad y nivel académico.

Como cabría esperar, un mayor porcentaje de todos los estudiantes clasificados como Altos reportaron leer más de 3 libros por año en comparación con los Medios y los Bajos. Sin embargo, es interesante destacar que entre los estudiantes del grupo Alto 2 de ellos reportaron que no leían libros no-escolares al año y no les gustaba leer y del grupo Bajo 3

señalaron leer más de tres libros al año.

Por otro lado, se consideró importante hacer una breve exploración cualitativa de los datos que pudiera ayudarnos a entender mejor por qué nos equivocamos al escribir. Se analizaron algunos de los errores presentados por los estudiantes tratando de encontrar respuesta a dos preguntas principales, para ello se usó el diccionario de frecuencias léxicas de libros de texto creado para esta investigación que se mencionó previamente:

1.- ¿Ante la duda, qué escribir?, ¿la grafía, la sílaba o la palabra más frecuente?

Se encontró una tendencia a elegir las grafías dominantes, que son las de mayor frecuencia en el español y las primeras que se aprenden para representar el fonema relacionado. De manera que se observó mayor tendencia a sustituir la V por la B que a la inversa, por ejemplo un 39% de los estudiantes se equivocaron al escribir movilidad (*movilidad*); mayor tendencia a sustituir C por S, por ejemplo un 57% se equivocaron al escribir nocivo (*nosivo*). También encontramos casos en los que el error parece asociarse con la frecuencia de la sílaba, los estudiantes tendieron a equivocarse en palabras como expansión (57% de

ellos escribió *expañción*) o infusión (20% escribió *infución*). En nuestro diccionario de frecuencias encontramos que existen 560 palabras que terminan en “ción” y sólo 97 cuya sílaba final es “sión”. Finalmente, encontramos errores que parecen relacionarse con la frecuencia de exposición a una palabra completa o patrón ortográfico, tal es el caso de errores como “*hechar*”, en el que el 53% de los estudiantes se equivocaron; la palabra *hecho* tiene una frecuencia de 421 veces por millón en comparación con la palabra *echó*, cuya frecuencia es de sólo 27 por millón. Otro ejemplo es la sustitución de íbamos por ívamos (cometida por el 43% de los estudiantes), este error podría provenir de la frecuente exposición visual al acrónimo IVA (impuesto al valor agregado).

Existe un caso especial, ante la duda ¿escribo o no la “h”? Los errores parecen sugerir que la respuesta de los estudiantes es: no la escribo. Los errores relacionados con esta grafía se debieron en una extensa mayoría a la omisión de la “h”, particularmente en el uso del verbo *hacer* y *haber* (“ice”, “agamos”, “desacer”, “abía”, “aya”, etc).

2.- ¿Entre más palabras se escriban, mayor es la posibilidad de equivocarse? En la tarea de redacción libre los estudiantes escribieron un promedio de 97.5 palabras, con un rango muy amplio

entre 14 y 249, sin embargo, no se encontró una correlación significativa entre la cantidad de palabras que se escriben y el número de errores homófonos.

Discusión y conclusiones

Uno de los principales objetivos de la presente investigación fue detectar la frecuencia con la que se cometen errores de ortografía en un nivel de escolaridad en el que se espera que los jóvenes tengan un conocimiento consolidado de la ortografía de su lengua, además del hecho de que entre los 16 y los 18 años parece ser el momento en el que el desarrollo de los parámetros de eficiencia y velocidad lectora alcanzan su máximo nivel. Adicionalmente, el bachillerato es el nivel de educación mínima que socialmente se exige a los jóvenes y parece ser un punto de inflexión entre continuar o no con sus estudios, particularmente para aquellos jóvenes con dificultades lectoras, de ahí la importancia de evaluar este periodo.

Los resultados de la presente investigación nos permitieron establecer el nivel medio de errores de los estudiantes mexicanos de bachillerato (11 años de escolaridad en promedio), provenientes de escuelas urbanas. Como se mencionó previamente, en esta investigación definimos al Conocimiento Ortográfico como la habilidad de los individuos para

almacenar en memoria los patrones ortográficos de las palabras, lo que les permite escribirlas sin errores homófonos o detectar la presencia de éstos. De las 7 tareas de la Batería sólo se incluyeron los resultados de errores homófonos de cuatro tareas para integrar un indicador del Conocimiento Ortográfico que nos permitiera hacer la baremación y determinar así el nivel de conocimiento ortográfico de los participantes.

El nivel de conocimiento ortográfico parece relacionarse con las características propias de la ortografía del español, ya que existe una menor relación fonema-grafema que a la inversa, lo que hace más difícil escribir que leer (Preilowski & Matute, 2011).

El nivel de conocimiento ortográfico también puede estar relacionado con factores extrínsecos e intrínsecos al individuo. De las circunstancias extrínsecas al individuo, diversos autores sugieren que las dificultades con el conocimiento ortográfico pueden deberse a: "...aversión por la lectura como fuente de placer espiritual, contenidos de la enseñanza de la ortografía totalmente inadecuados, métodos de aprendizaje basados en criterios correctivos y contrarios al más elemental sentido común, etc." (Carratalá, 1993); "...escasez de propuestas comunicativas en la Didáctica de la

Lengua, en etapa de Educación Primaria..." (Díaz Perea, 2008); además del escaso interés de los maestros ante los errores ortográficos de sus alumnos y alguna clase de descrédito social de la convención ortográfica, lo que podría llevar a muchos profesores de niveles superiores a considerar que la ortografía no es importante.

El bajo conocimiento ortográfico también podría asociarse con circunstancias intrínsecas al individuo como la presencia de Dificultades en el Aprendizaje de la Lectura o Dislexia del Desarrollo, la cual se considera un trastorno de origen neurobiológico. Numerosos estudios han mostrado que la lenta velocidad de denominación en la infancia se relaciona con un bajo conocimiento ortográfico, por considerar que interfiere con el reconocimiento y almacenamiento de patrones ortográficos, lo que a su vez afecta la velocidad lectora (Bowers & Wolf, 1993). Se considera que la varianza en las habilidades ortográficas no está explicada por un déficit fonológico o la falta de exposición a palabras escritas (Bowers et al, 1994; Bowers, Sunseth & Golden, 1999), por el contrario se ha observado que algunos niños con dificultades lectoras presentan un fallo para abstraer regularidades ortográficas, a pesar de una exposición repetida a textos, así como problemas para adquirir un reconocimiento

automático de las palabras (Landerl & Wimmer, 2008).

Adams considera que un factor crítico en la lectura fluida es la habilidad para reconocer letras, patrones ortográficos y palabras completas visualmente, sin esfuerzo y de manera automática (1990), señalando además que el conocimiento de los nombres de las letras ayuda al niño a aprender el código alfabético. Cuando el niño conoce cada letra y puede recuperarla rápidamente, puede entonces atender a detalles de secuencias de letras y así construir un patrón ortográfico; cuando ese patrón coocurre con un sonido, fonema o sílaba, se construye una conexión fonológico-ortográfica que subyace al reconocimiento automático de palabras.

El establecimiento de estas conexiones ha sido evidenciado en estudios de neuroimagen, que muestran que los lectores expertos poseen una especialización visual derivada del aprendizaje y la experiencia en la asociación entre formas fonológicas y formas ortográficas, lo que les permite procesar palabras de manera muy eficiente. Además, numerosos estudios han apoyado la existencia de una área cerebral especializada en el reconocimiento de los patrones ortográficos conocida como Área para la Forma Visual de las Palabras (VWFA por sus siglas en inglés), ubicada en una porción del giro

fusiforme izquierdo, que se activa consistentemente ante la presencia de palabras visuales (McCandliss, Cohen & Dehaene, 2003; Parviainen, Helenius, Poskiparta, Niemi & Salmelin, 2006; Kronbichler et al., 2008). La exploración sistemática de las propiedades de respuesta de esta región revela que posee una alta sensibilidad a cualidades específicas de la forma visual de las palabras que es independiente de las propiedades lingüísticas.

En los niños con dislexia se ha descrito una reducida activación de la región VWFA, así como una pobre integración entre áreas cerebrales para procesar asociaciones letra-sonido en el plano temporal y el surco temporal superior izquierdos, la cual es una propiedad emergente del aprendizaje de la lectura que se desarrolla de manera inadecuada en los lectores disléxicos (Blau et al., 2010). Se ha señalado que la vía ventral, que incluye las conexiones de la región occipito-temporal ventral izquierda en la que se ubica el giro fusiforme, se especializa progresivamente en un sistema de rápido reconocimiento de palabras que es indispensable para la lectura fluida (Wandell, Rauschecker & Yeatman, 2012).

En los niños con dificultades lectoras, se considera que automatizar el proceso de decodificación grafema-fonema tarda mucho tiempo. Aunque con el tiempo los errores de ortografía

natural (heterófonos) van disminuyendo y se manifiestan de manera ocasional en la escritura de palabras infrecuentes y complejas, las dificultades con la ortografía arbitraria (errores homófonos) se mantienen durante mucho tiempo (Cervera & Ygual, 2006). Una secuela de estas dificultades en la infancia podría estarse evidenciando en las dificultades de algunos jóvenes con el conocimiento ortográfico.

Otro objetivo de esta investigación fue determinar qué tareas son más sensibles para evaluar el conocimiento ortográfico. En este sentido, las relaciones observadas entre las tareas señalan que la más sensible para la detección de dificultades ortográficas es la tarea de Dictado de Palabras. El rendimiento en esta tarea podría verse influido por la frecuencia de exposición a las palabras, beneficiando a aquellos con mayor exposición y afectando a los que no la tienen. En nuestra investigación este aspecto trató de controlarse, primero al crear un diccionario de frecuencias léxicas a partir exclusivamente de libros de texto a los cuales todos los estudiantes han estado expuestos a lo largo de su vida académica. De este diccionario se eligieron las palabras de la lista que se dictó a los estudiantes, con lo que se buscó minimizar, en la medida de lo posible, el impacto que la exposición a diferentes tipos de texto pudiera

generar en su rendimiento. Adicionalmente, el uso del dictado de los mismos estímulos a todos los individuos permite cuantificar con mayor precisión sus habilidades ortográficas en comparación a cuando se deja a los individuos escribir libremente. Como se observó en los resultados, la tarea que generó menos errores fue la de Redacción Libre, lo cual parece señalar que las personas tendemos a escribir aquellas palabras de cuya ortografía estamos más seguros. En esta tarea se observó además que no hay una correlación significativa entre el número de errores y la cantidad de palabras que se escriben. Estos datos posicionan a las tareas de Redacción Libre como poco sensibles para medir el conocimiento ortográfico, a pesar de ser la tarea más cercana a la realidad de los individuos, en la que hacen uso de las habilidades verbales para comunicar sus ideas y pensamientos.

Por otro lado, se cuestiona si leer y escribir son lo mismo o no. La estrecha relación encontrada entre la comisión y la detección de errores homófonos (correlación de 0.679 entre Dictado de Palabras y Detección de Errores) confirma que son procesos que representan los dos lados de la misma moneda, en lo que a conocimiento ortográfico de las palabras se refiere; para escribir una palabra o para identificarla impresa se apela a la misma huella viso-

ortográfica almacenada en memoria a largo plazo, y es a partir de ella que las personas podemos saber cómo escribir una palabra difícil o podemos detectar si está mal escrita.

Es interesante destacar que el Conocimiento de Reglas de Ortografía mostró la correlación más baja de todas las tareas con el Total de Errores Homófonos, lo cual confirma que el aprendizaje de patrones ortográficos se relaciona poco con el conocimiento que tienen los estudiantes de las reglas de ortografía y reafirma que el conocimiento de cómo se escribe una palabra no sólo se aprende a partir de reglas. También se observaron correlaciones bajas, aunque significativas, con la escolaridad de los padres y el gusto por la lectura. Es plausible considerar que a mayor nivel académico de los padres habrá mayor exposición a textos y por ende mayor conocimiento ortográfico, lo cual podría influir tanto en el cuidado de una escritura correcta como en el interés por la lectura, pero no explica por completo el buen o mal nivel de conocimiento de las ortografía de los estudiantes.

La influencia del contexto educativo se exploró comparando a los estudiantes de escuelas privadas y públicas, lo que mostró el mejor conocimiento ortográfico de los primeros. Aun cuando los estudiantes de la presente investigación no constituyen una muestra

representativa de todos los estudiantes de dos estados o del país completo, este resultado parece confirmar que la atención prestada en el contexto escolar a la escritura ortográficamente correcta es fundamental. Esto se confirmó con el caso de una escuela pública en la que se obtuvieron resultados similares a los de las escuelas privadas, las autoridades de esa escuela señalaron que es una práctica cotidiana la revisión y corrección de los escritos de los estudiantes, lo que repercute en las calificaciones que se otorgan. De manera que, a medida que en el contexto escolar se aprecia más el dominio de las convenciones ortográficas y se desarrollan actividades tendientes a mejorarlo, los jóvenes mostrarán una mejoría sustancial como lo demuestran algunos programas de intervención (Lavigne, Romero & Rodríguez, 2003).

Los resultados de la presente investigación permitieron observar que la presencia de errores homófonos también se relaciona con la posibilidad de cometer dichos errores. A mayor cantidad de palabras que contengan ambigüedades en su representación ortográfica, mayor es la posibilidad de equivocarse al escribirlas, lo cual es muy evidente para el caso de C-S-Z (grupo de grafemas homófonos de mayor frecuencia en el español), en cuyo uso se observó la mayor

cantidad de errores. También se observó el efecto del grafema dominante que se ha descrito en niños (Sánchez, Diuk, Borzone & Ferroni, 2009), con el uso preferente de los grafemas B y S para codificar sus respectivos fonemas, en particular en los jóvenes que poseen un bajo conocimiento ortográfico. Esto parece estar determinado tanto por su mayor frecuencia en la ortografía del español como por el hecho de ser justamente la primera letra que se enseña para representar ese fonema.

Otro de nuestros principales intereses fue establecer la relación entre el conocimiento ortográfico y el rendimiento lector. En las investigaciones sobre las dificultades en el aprendizaje de la lectura se ha subestimado el papel del procesamiento ortográfico, sin embargo, se considera que la falta de automatización en la integración entre códigos ortográficos y fonológicos es un segundo déficit subyacente a la dislexia (además del déficit fonológico). La falta de automatización en el reconocimiento de palabras visuales parece representar un fallo para abstraer regularidades ortográficas a pesar de la exposición repetida a las palabras impresas, ya que como ha propuesto Ehri (1980), reconocer una palabra requiere del amalgamamiento y unificación del significado, fonología y ortografía de las palabras. Varios

autores han reportado que los niños con dificultades en el aprendizaje de la lectura tienen problemas con la escritura ortográficamente correcta de las palabras, tendiendo frecuentemente a aceptar pseudohomófonos como palabras reales (Landerl, 2001; Gómez-Velázquez, González-Garrido & Vega-Gutiérrez, 2013).

Estudios de imagen por Resonancia Magnética Funcional han reportado la existencia de una red de áreas cerebrales visuales, auditivas y heteromodales, cuya mayor interrelación refleja la eficiencia en la asociación entre las letras y los sonidos del lenguaje necesaria para el aprendizaje de la lectura; esto va en contra de la idea de que los adultos con dislexia presentan una reducción en la integración neural entre letras y sonidos como una consecuencia de sus dificultades con la lectura, por el contrario sugiere que la integración letra-sonido es una propiedad emergente del aprendizaje de la lectura que se desarrolla de manera inadecuada en los disléxicos, probablemente como resultado de una alteración en la especialización de los sistemas neurales para el procesamiento lingüístico visual y auditivo (Blau et al., 2010). Esta alteración neural en la integración entre estímulos visuales y fonológicos parece subyacer a las dificultades con el almacenamiento en memoria

de los patrones ortográficos, observado en los disléxicos.

En el caso de los jóvenes, la presente investigación confirma que las dificultades ortográficas se relacionan con un bajo rendimiento lector. Los jóvenes del grupo con Bajo conocimiento ortográfico tienen una velocidad lectora significativamente más lenta que los jóvenes de los grupos Medio y Alto. Esto adquiere particular relevancia en nuestra lengua ya que se ha considerado que la lectura lenta es el rasgo distintivo de la dislexia en español (Serrano & Defior, 2008; López-Escribano, 2007; Gómez-Velázquez, 2010).

Adicionalmente, se ha sugerido que no es necesario administrar un amplio rango de pruebas para diagnosticar dislexia en adultos jóvenes ya que dos o tres pruebas pueden ser suficientes como: fluidez en la lectura de palabras o textos, escritura ortográfica de palabras (spelling) y conciencia fonológica (Tops et al., 2012; Re, Tressoldi, Cornoldi & Lucangeli, 2011). Aun cuando no es posible asignar un diagnóstico de dislexia a los estudiantes del grupo Bajo, ya que no existen en México pruebas estandarizadas para la evaluación de la lectura en sujetos adultos, sí es posible destacar que, en su mayoría, poseen una velocidad lectora sustancialmente por debajo de lo esperado para su edad y grado académico y que sus dificultades han impactado su motivación hacia los

logros académicos. En el seguimiento e invitación para realizar la evaluación individual de lectura se observó que una mayor proporción de los estudiantes del grupo Bajo no continuaron sus estudios de licenciatura, en comparación con los estudiantes de los grupos Medio y Alto, además de que un mayor número de estudiantes del grupo Bajo rechazaron la invitación a participar en la evaluación, probablemente debido al autoconocimiento de sus dificultades con la ortografía y por ende con la lectura. Adicionalmente, a pesar de no existir marcadas diferencias de género en el conocimiento ortográfico general, sí se encontró una diferente distribución de género entre los grupos, donde Medio y Altos fueron casi equivalentes, pero el grupo Bajo estuvo integrado por 12 Hombres y 3 Mujeres, lo cual concuerda con lo reportado en la literatura sobre la mayor incidencia de dificultades lectoras en los hombres en comparación con las mujeres (Badian, 1999; Wheldall & Limbrick, 2010).

Los presentes resultados sobre el nivel de conocimiento ortográfico de un grupo de jóvenes, a pesar de que no pueden ser generalizados a todos los jóvenes mexicanos, sí nos permiten tener una estimación del nivel medio de errores, de las características de los errores más frecuentes y la relación de este conocimiento con la lectura,

brindando la oportunidad para reflexionar sobre la importancia de implementar estrategias para mejorar este conocimiento. Existen varias propuestas vertidas por autores como Carratalá (1993), quién propone “reemplazar el aprendizaje de las tradicionales reglas de ortografía por el estudio sistemático de palabras frecuentes, agrupadas por campos nocionales y familias léxicas; y controlar, mediante los oportunos inventarios cacográficos, aquellas palabras que originan el mayor número de errores ortográficos para incidiendo en ellas, lograr su dominio”. Díaz Perea (2008), por su parte señala “Se aboga por el análisis de los errores, fomentando la reflexión y revisión autónoma por parte del alumnado, con la guía y ayuda del profesor”. Cervera Mérida (2006) propone, para el caso de los niños con dificultades lectoras, encontrar un sistema de “enseñar” ortografía que no genere ansiedad en el disléxico, desarrollar secuencias de instrucción que lleguen a automatizarse y sean adecuadas para cada tipo de error disortográfico, al tiempo que se consideran las dificultades en los procesos psicolingüísticos que subyacen, potenciando los mecanismos de autorregulación y metacognición.

La mayor parte de los autores coinciden en que los métodos de enseñanza y los contenidos de los programas de ortografía son los

responsables del fracaso generalizado que afecta a un gran número de estudiantes de los diferentes niveles educativos, tanto en España como en América Latina. A pesar de la existencia de varios esfuerzos por diseñar y aplicar programas didácticos, aún resta mucho por investigar en el área de la intervención, tanto para atender el bajo conocimiento ortográfico de los jóvenes, que puede considerarse como un problema académico generalizado, particularmente en las escuelas públicas, como para atender el trastorno ortográfico derivado de las dificultades en el aprendizaje de la lectura.

Finalmente, las pruebas presentadas a los estudiantes mostraron ser instrumentos sensibles para evaluar el conocimiento ortográfico y para determinar que un bajo nivel en este conocimiento se relaciona estrechamente con bajo rendimiento lector, particularmente con una lectura significativamente lenta. Detectar a estos estudiantes permitiría brindarles apoyo para lidiar con sus dificultades y poder así acceder a niveles de educación superior.

Referencias

Adams, M. J. (1990). *Beginning to read: thinking and learning about print*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Backhoff Escudero, E., Peon Zapata, M., Andrade Muñoz, E., & Rivera López, S. (2008). *La ortografía de los estudiantes de educación básica en México*. Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación, México.

Badian, N. A. (1999). Reading disability defined as a discrepancy between listening and reading comprehension: a longitudinal study of stability, gender differences, and prevalence. *Journal of Learning Disabilities*, 32(2), 138-148.

Berninger, V. W., Nielsen, K. H., Abbott, R. D., Wijsman, E., & Raskind, W. (2008). Writing problems in developmental dyslexia: under-recognized and under-treated. *Journal of School Psychology*, 46(1), 1-21.

Blau, V., Reithler, J., van Atteveldt, N., Seitz, J., Gerretsen, P., Goebel, R., et al. (2010). Deviant processing of letters and speech sounds as proximate cause of reading failure: a functional magnetic resonance imaging study of dyslexic children. *Brain*, 133, 868-879.

Bowers, P. G., Golden, J., Kennedy, A., & Young, A. (1994). Limits upon orthographic knowledge due to processes indexed by naming speed. En: V. W. Berninger (Ed.), *The varieties of orthographic knowledge I: Theoretical and developmental issues*

(pp. 173-218). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.

Bowers, P. G., Sunseth, K., & Golden, J. (1999). The route between rapid naming and reading progress. *Scientific Studies of Reading*, 3, 31-53.

Bowers, P. G., & Wolf, M. (1993). Theoretical links among naming speed, precise timing mechanisms and orthographic skill in dyslexia. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 5, 69-85.

Carratalá, T. F. (1993). La ortografía y su didáctica en la educación primaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 18, 93-100.

Carratalá, T. F. (2013). *Tratado de didáctica de la ortografía de la lengua española. La competencia ortográfica*. Barcelona: Ediciones OCTAEDRO.

Cervera Mérida, J. F., & Ygual Fernández, A. (2006). Una propuesta de intervención en trastornos disortográficos atendiendo a la semiología de los errores. *Revista de Neurología*, 42(2), S117-S126.

Del Pino Lecuona Naranjo, M. (1985). Un estudio sobre ortografía. *Enseñanza: Anuario Interuniversitario de Didáctica*, 3, 41-58.

- Díaz Perea, M. R. (2008). Preocupaciones docentes y enfoque didáctico de la enseñanza de la ortografía. *Docencia e Investigación*, 18, 1-21.
- Ehri, L. C. (1980). The development of orthographic images. En: U. Frith (Ed.), *Cognitive processes in spelling*. (pp. 311–338). London: Academic Press.
- Ehri, L.C. (2005). Learning to read words: theory, findings, and issues. *Scientific Studies of Reading* 9(2), 167-188.
- Estándares Nacionales de Habilidad Lectora para alumnos de Educación Básica (2010). Secretaría de Educación Pública. <http://www.sep.gob.mx/es/sep1/C1390810>.
- Gómez, A. (2005). Enseñar ortografía a universitarios andaluces. *Escuela Abierta: Revista de Investigación Educativa*, 8, 129-148.
- Gómez-Velázquez, F. R., González-Garrido, A. A., & Vega-Gutiérrez, O. L (2013). Naming abilities and orthographic recognition during childhood an event-related brain potentials study. *International Journal of Psychological Studies*, 5(1), 55-68.
- Gómez-Velázquez, F. R., González-Garrido, A. A., Zarabozo, D., & Amano, M. (2010). La velocidad de denominación de letras. El mejor predictor temprano del desarrollo lector en español. *Revista mexicana de Investigación educativa*, 15(46), 823-847.
- González-Garrido, A. A., Gómez-Velázquez, F. R., & Rodríguez-Santillán, E. (2014). Orthographic recognition in late adolescents: an assessment through event-related brain potentials. *Clinical EEG and Neuroscience*, 45(2), 113-121.
- Kronbichler, M., Klackl, J., Richlan, F., Schurz, M., Staffen, W., Ladurner, G., et al. (2008). On the functional neuroanatomy of visual word processing: Effects of case and letter deviance. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(2), 222–229.
- Lara, F. (1986). *Diccionario básico del español de México*. El Colegio de México.
- Landerl, K. (2001). Word recognition deficits in German: more evidence from a representative sample. *Dyslexia*, 7, 183–196.
- Landerl, K., & Wimmer, H. (2008). Development of word reading fluency and spelling in a consistent orthography: An 8-year follow-up. *Journal of Educational Psychology*, 100(1), 150–161.
- Lavigne Cerván, R., Romero Pérez, J. F., & Rodríguez Infante, G. (2003). Aplicación de un programa de

evaluación e intervención sobre la disortografía. *Revista española de orientación y psicopedagogía*, 14(1), 101-115.

Leal, F., Matute, E., & Zarabozo, D. (2005). La transparencia del sistema ortográfico del español de México y su efecto en el aprendizaje de la escritura. *Estudios de Lingüística Aplicada*, 42, 127-136.

López-Escribano, C. (2007). Evaluation of the double-deficit hypothesis subtype classification of readers in Spanish. *Journal of Learning Disabilities*, 40, 319-330.

Matteoda, M. C. (1998). Aprender ortografía: nuevas respuestas a un viejo problema. *Textos en contexto*, 61-84.

Matute, E., & Leal, F. (2003). Los llamados "errores ortográficos" en niños hispanohablantes con problemas de aprendizaje de la lectura. En E. Matute & F. Leal (Coord.) *Introducción al estudio del español desde una perspectiva multidisciplinaria* (pp. 549-570). México: Universidad de Guadalajara.

McCandliss, B. D., Cohen, L., & Dehaene, S. (2003). The visual word form area: expertise for reading in the fusiform gyrus. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 7(7), 293-299.

Muñiz, J. (2005). Utilización de los tests. En J. Muñiz, A. M. Fidalgo, E.

García-Cueto, R. Martínez & R. Moreno (Eds.). *Análisis de los ítems* (pp. 133-172). Madrid: La Muralla. Ortografía de la Lengua Española. Real Academia Española, 1999.

Murphy, L. A., Pollatsek, A., & Well, A. D. (1988). Developmental dyslexia and word retrieval deficits. *Brain & Language*, 35(1), 1-23.

Parviainen, T., Helenius, P., Poskiparta, E., Niemi, P., & Salmelin, R. (2006). Cortical sequence of word perception in beginning readers. *The Journal of Neuroscience*, 26(22), 6052-6061.

Preilowski, B., & Matute, E. (2011). Diagnóstico neuropsicológico y terapia de los trastornos de lectura-escritura (dislexia del desarrollo). *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 11(1), 95-122.

Re, A. M., Tressoldi, P. E., Cornoldi, C., & Lucangeli (2011). Which tasks best discriminate between dyslexic university students and controls in a transparent language? *Dyslexia*, 17, 227-241.

Sánchez Abchi, V., Diuk, B., Borzone, A. M., & Ferroni, M. (2009). El desarrollo de la escritura de palabras en español: interacción entre el conocimiento fonológico y ortográfico. *Interdisciplinaria*, 26(1), 95-119.

Serrano, F., & Defior, S. (2008). Dyslexia speed problems in a transparent orthography. *Annals of Dyslexia*, 58, 81-95.

Stanovich, K. E. (1986). Mathew effects in reading: some consequences of individual differences in the acquisition of literacy. *Reading Research Quarterly*, 21, 360-407.

Tops, W., Callens, M., Lammertyn, J., Van Hees, V., & Brysbaert, M. (2012). Identifying students with dyslexia in higher education. *Annals of Dyslexia*, 62, 186-203.

Vaessen. A., & Blomert, L. (2010). Long-term cognitive dynamics of fluent reading development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 105, 213-31.

Wandell, B. A., Rauschecker, A. M., & Yeatman, J. D. (2012). Learning to see words. *Annual Review of Psychology*, 63, 31-53.

Wheldall, K., & Limbrick, L. (2010). Do more boys than girls have reading problems? *Journal of Learning Disabilities*, 43(5), 418-429.

Zarabozo, D., Gómez-Velázquez, F. R., & Varela, J. (2011). ConPal: una herramienta para el análisis cuantitativo de textos. En: Héctor Martínez, Juan José Irigoyen, Felipe Cabrera, Julio Varela, Pablo

Covarrubias & Ángel Jiménez (Eds.), *Estudios sobre comportamiento y aplicaciones Vol. II* (p.p. 351-358). México: Segunda Generación.

La Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI): Historia y fundamentos teóricos de su validación. Un acercamiento práctico a su uso y valor diagnóstico.

Esmeralda Matute, Olga Inozemtseva, Ana Luisa González Reyes & Yaira Chamorro

Laboratorio de Neuropsicología y Neurolingüística. Instituto de Neurociencias. CUCBA, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.

Correspondencia: Dra. Esmeralda Matute. Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Francisco de Quevedo 180, Col. Arcos Vallarta, Guadalajara, Jal. MEXICO. CP 44130. Tel.: (+52)33 3818 0740. Correo electrónico: ematute@cencar.udg.mx.

Agradecimientos: Agradecemos a los alumnos que desde 1998 han participado en la realización de las investigaciones aquí incluidas. De ellos, los estudiantes de la maestría y doctorado en Neurociencias recibieron becas de posgrado aportadas por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). De igual forma, expresamos nuestro agradecimiento a los niños que participaron en estos estudios así como a sus padres y sus escuelas que facilitaron este proceso.

Resumen

La Evaluación Neuropsicológica Infantil -ENI- es la primera batería desarrollada para población infantil latinoamericana. Desde el proceso de estandarización de este instrumento hasta la fecha, se ha recopilado información valiosa para profundizar en el conocimiento sobre las características neuropsicológicas de nuestra población. El objetivo de este artículo es describir los resultados de diferentes trabajos de investigación en los que se ha utilizado la ENI en poblaciones infantiles típicas y clínicas. Con relación a poblaciones típicas, se reportan en él los hallazgos sobre el efecto de la edad en las funciones cognitivas, lo que ha permitido detectar un desarrollo temprano en funciones como la atención y la memoria y más tardío para las funciones ejecutivas; así mismo, se describe el efecto del nivel educativo de los padres, sobre el

desarrollo de estas funciones y su interacción con el género. También se incluyen estudios sobre el desarrollo del lenguaje, la adquisición de la lecto-escritura en español y los predictores de riesgo de dificultades en el aprendizaje de la lectura. Con relación a la escritura, la inclusión de un método para analizar textos infantiles, ha permitido comparar narrativas de niños en distintas condiciones culturales (por ejemplo niños bilingües). Con relación a la población atípica, se incluyen algunos resultados de estudios en los que la utilización de la ENI ha permitido profundizar en el conocimiento sobre trastornos ligados al neurodesarrollo, como son la Dislexia, la Discalculia, el Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad, y algunos síndromes genéticos.

Child neuropsychological Assessment - ENI: History and theoretical foundations of its validation. A practical approach to its use and diagnostic value.

Abstract

The *Evaluación Neuropsicológica Infantil* (ENI; Child Neuropsychological Assessment) is the first battery developed especially for use with children from Latin American countries. From the time that work began on standardizing this instrument up to the present a great deal of valuable information has been

gathered, allowing us to deepen our knowledge of the neuropsychological characteristics of this population. The aim of this article is to describe the research that has been conducted using the ENI in two settings: with typical study groups, and in clinical pediatric practice. Studies involving typical populations have focused on the effects of age on cognitive functions, reported on the early development of such functions as attention and memory and, later, executive functions, the effect of parents' educational levels on the development of these functions, and how these interact with gender. Numerous studies of the process of language development have also been carried out, including such topics as the acquisition of literacy in Spanish-speaking children and risk predictors of learning disabilities in reading. With regard to writing, the inclusion of a method that analyzes children's narratives has made it possible to compare the writings of children from different cultural backgrounds (e.g. bilinguals). Meanwhile, studies conducted with atypical populations have generated findings that contribute to our knowledge of disorders linked to neurodevelopment, such as dyslexia, discalculia, attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD), and some genetic syndromes.

Introducción

La Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI) es la primera batería neuropsicológica orientada hacia la evaluación de niños de edad escolar desarrollada y estandarizada en la población latinoamericana, en particular de México (en Guadalajara y Tijuana) y Colombia (en Manizales). Sus orígenes parten de la confluencia de dos factores; el primero de ellos es el trabajo pionero sobre neuropsicología infantil del Laboratorio de Neuropsicología y Neurolingüística del Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara, México, que inició en 1994 con la fundación del Instituto de Neurociencias que alberga este laboratorio; el segundo es la colaboración permanente y comprometida que inició en 1998 entre los autores. Varias de las tareas que se incluyen en esta batería nacieron de planteamientos teóricos específicos y puntuales; por ejemplo, el dominio de habilidades espaciales, el cual está dividido en habilidades espaciales con contenido verbal y sin este tipo de contenido, fue diseñado para analizar el comportamiento verbal de niñas con Síndrome de Turner (ST), partiendo de la hipótesis de que si bien las niñas con ST no presentan una afectación del lenguaje, un compromiso de éste se observará cuando tienen que manejar conceptos espaciales.

Su estandarización recibió el rigor metodológico que requiere toda estandarización de un instrumento de evaluación. Las normas de la ENI se obtuvieron en una muestra de 788 niños de 5 a 16 años provenientes de México y Colombia, casi la mitad fueron varones, de escuelas públicas y privadas, sin antecedentes de problemas de desarrollo y/o enfermedades graves. Para poder ofrecer los datos normativos de este instrumento se llevó a cabo una serie de procedimientos de confiabilidad y validez, tales como confiabilidad de test-retest, confiabilidad entre calificadores, correlaciones con el WISC y validez interna de sus tareas (Matute, Rosselli, Ardila & Ostrosky, 2007).

La ENI permite evaluar 9 dominios neuropsicológicos: habilidades construccionales, habilidades gráficas, memoria a corto plazo y diferida en su modalidad verbal y no verbal, habilidades perceptuales (visuales, auditivas y táctiles), lenguaje que incluye la expresión, comprensión y repetición, habilidades metalingüísticas, habilidades espaciales, atención (visual y auditiva), habilidades conceptuales, funciones ejecutivas que son los propios de una evaluación neuropsicológica estándar (Lezak; 2004). Se incluyen además, 3 áreas académicas: lectura, escritura y aritmética; así como el examen de los signos neurológicos blandos, de la lateralidad manual y dos formatos

para recopilación de la historia del desarrollo y de aprendizaje: el Cuestionario para Padres y la Historia Clínica. La integración de la información sobre el funcionamiento cognitivo, historia del desarrollo y manifestación de signos neurológicos blandos, provee la posibilidad de emitir un diagnóstico clínico acertado, o bien, caracterizar a los niños y adolescentes típicos y/o con alguna patología (Rosselli, Matute & Ardila, 2010). Los dominios están divididos en subdominios y tareas cuyo número varía entre ellos; por ejemplo, el dominio de lenguaje está dividido en tres subdominios: repetición, expresión y comprensión. A su vez, repetición consta de 4 tareas; repetición de sílabas, de palabras, no palabras y oraciones. En total son 13 dominios, 36 subdominios y 79 tareas. En el Cuadro 1 se muestra el esquema de organización de la ENI.

Cuadro 1.

Esquema de organización de la ENI en el que se incluyen los **dominios**, *subdominios* y tareas o medidas.

1. Habilidades constructivas

- 1.1. Construcción con palillos (8)
- 1.2. Habilidades gráficas
 - 1.2.1. Copia de figuras (12)
 - 1.2.2. Dibujo de la figura humana (20)
 - 1.2.3. Copia de la figura compleja (12-15)

2. Memoria (codificación)

- 2.1. Memoria verbal-auditiva
 - 2.1.1. Lista de palabras (36-48)
 - 2.1.2. Recuerdo de una historia (15)
- 2.2. Memoria visual-Lista de figuras (36-48)

3. Habilidades Perceptuales

- 3.1. Percepción táctil
 - 3.1.1. Mano derecha (8)
 - 3.1.2. Mano izquierda (8)
-

3.2. Percepción visual

- 3.2.1. Imágenes sobrepuestas (16)
- 3.2.2. Imágenes borrosas (10)
- 3.2.3. Cierre visual (8)
- 3.2.4. Reconocimiento de expresiones (8)
- 3.2.5. Integración de objetos (8)

3.3. Percepción auditiva

- 3.3.1. Notas musicales (8)
- 3.3.2. Sonidos ambientales (8)
- 3.3.3. Fonémica (20)

4. Memoria (evocación diferida)

4.1. Evocación de estímulos auditivos.

- 4.1.1. Espontánea de la lista de palabras (9-12)

- 4.1.2. Por claves (9-12)

- 4.1.3. Reconocimiento (18-24)

- 4.1.4. De la historia (15)

4.2. Evocación de estímulos visuales.

- 4.2.1. Figura compleja (12-15)

- 4.2.2. Espontánea de la lista de figuras (9-12)

- 4.2.3. Por claves (9-12)

- 4.2.4. Reconocimiento (18-24)

5. Lenguaje

5.1. Repetición

- 5.1.1. Sílabas (8)
- 5.1.2. Palabras (8)
- 5.1.3. Repetición de no palabras (8)
- 5.1.4. Repetición de oraciones (8)

5.2. Expresión

- 5.2.1. Denominación de imágenes (15)
- 5.2.2. Coherencia narrativa (6)
- 5.2.3. Longitud de la expresión (307)

5.3. Comprensión

- 5.3.1. Designación de imágenes (15)
- 5.3.2. Seguimiento de instrucciones (10)
- 5.3.3. Comprensión del discurso (10)

6. Habilidades metalingüísticas

- 6.1. Síntesis fonémica (8)
- 6.2. Conteo de sonidos (8)
- 6.3. Deletreo (8)
- 6.4. Conteo de palabras (8)

7. Lectura

7.1. Precisión

- 7.1.1. Sílabas (8)
- 7.1.2. Palabras (8-11)
- 7.1.3. No palabras (8)
- 7.1.4. Oraciones (10)
- 7.1.5. Lectura en voz alta de un texto

7.2. Comprensión

- 7.2.1. Oraciones (10)
- 7.2.2. Lectura en voz alta de un texto
- 7.2.3. Lectura silenciosa de un texto

7.3. Velocidad

- 7.3.1. Lectura en voz alta
- 7.3.2. Lectura silenciosa de un texto de un

texto

8. Escritura**8.1. Precisión**

- 8.1.1. Escritura del nombre (2)
- 8.1.2. Dictado de sílabas (8)
- 8.1.3. Dictado de palabras (8)
- 8.1.4. Dictado de no palabras (8)
- 8.1.5. Dictado de oraciones (20)
- 8.1.6. Copia de un texto
- 8.1.7. Recuperación escrita
- 8.2. Composición narrativa**
 - 8.2.1. Coherencia narrativa (7)
 - 8.2.2. Longitud de la producción narrativa
- 8.3. Velocidad**
 - 8.3.1. En la copia de un texto
 - 8.3.2. En la recuperación escrita

9. Aritmética

- 9.1. Conteo (8)**
- 9.2. Manejo numérico**
 - 9.2.1. Lectura de números (8)
 - 9.2.2. Dictado de números (8)
 - 9.2.3. Comparación de números (8)
 - 9.2.4. Ordenamiento de cantidades (8)
- 9.3. Cálculo**
 - 9.3.1. Serie directa (8)
 - 9.3.2. Serie inversa (8)
 - 9.3.3. Cálculo mental (12)
 - 9.3.4. Cálculo escrito (14)
- 9.4. Razonamiento lógico-matemático**
 - 9.4.1. Problemas numéricos (8)

10. Habilidades espaciales

- 10.1. Comprensión derecha – izquierda (8)
- 10.2. Expresión derecha – izquierda (8)
- 10.3. Dibujos desde ángulos diferentes (8)
- 10.4. Orientación de líneas (8)
- 10.5. Ubicación de coordenadas (8)

11. Atención

- 11.1 Atención visual**
 - 11.1.1. Cancelación de dibujos (44)
 - 11.1.2. Cancelación de letras (82)
- 11.2. Atención auditiva**
 - 11.2.1. Dígitos en progresión (8)
 - 11.2.2. Dígitos en regresión (7)

12. Habilidades conceptuales

- 12.1. Similitudes (16)
- 12.2. Matrices (8)
- 12.3. Problemas aritméticos (8)

13. Funciones ejecutivas

- 13.1. Fluidez verbal**
 - 13.1.1. Fluidez semántica (28)
 - 13.1.2. Fluidez fonológica (28)
- 13.2. Fluidez gráfica**
 - 13.2.1. Fluidez semántica (35)
 - 13.2.2. Fluidez no-verbal (35)
- 13.3. Flexibilidad cognitiva**
 - 13.3.1. Número de ensayos administrados
 - 13.3.2. Total de errores
 - 13.3.3. Porcentaje de errores

- 13.3.4. Número de categorías
- 13.3.5. Incapacidad para mantener la organización
- 13.3.6. Número de respuestas perseverativas
- 13.3.7. Porcentaje de respuestas perseverativas
- 13.4. Planeación y Organización**
 - 13.4.1. Diseños correctos (11)
 - 13.4.2. Excedente de movimientos (11)
 - 13.4.3. Diseños correctos con el mínimo de movimientos (11)

Dadas las características y alcances de la prueba, ésta se ha utilizado tanto en el área clínica como en la investigación con distintas poblaciones, por mencionar algunas: los niños con TDAH, con trastornos de aprendizaje, alteraciones genéticas, diabetes gestacional, el síndrome alcohólico fetal, niños con lesiones cerebrales a consecuencia de hemofilia, entre muchas otras. Los resultados de estas investigaciones están documentados aproximadamente en 45 publicaciones de los autores de la prueba, los colaboradores y alumnos del laboratorio de Neuropsicología y Neurolingüística del Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara.

El objetivo del presente trabajo es poner al alcance del lector una revisión de las diferentes publicaciones en la que este instrumento fue utilizado para responder a cuestionamientos teóricos tanto en población con desarrollo típico como en trastornos de neurodesarrollo o poblaciones con patologías diversas.

La ENI en estudios de población típica

Las pruebas que conforman la ENI han permitido analizar la trayectoria que sigue el desarrollo de distintas funciones cognitivas en población típica entre los 5 y los 16 años de edad, así como la influencia que sobre el desarrollo tienen factores demográficos (sexo) y culturales (tipo de escuela al que asisten los niños o adolescentes, el nivel de escolaridad de sus padres, etc.). De manera específica se ha atendido el efecto de estas variables sobre la atención, la memoria y las funciones ejecutivas.

Atención y memoria

Matute, Sanz, Gumá, Rosselli & Ardila (2009) analizaron el efecto de variables demográficas y ambientales sobre el desarrollo de la atención y la memoria. Se incluyeron 476 niños (231 varones, 245 niñas) de escuelas públicas y privadas, de 5 a 16 años, divididos en dos grupos de acuerdo a la edad (5 a 8 años y 9 a 16 años). Para la evaluación de la atención, utilizaron las sub-pruebas de atención visual (cancelación de dibujos, cancelación de letras) y de atención auditiva (dígitos en progresión, dígitos en regresión). Para evaluar la memoria, aplicaron las sub-pruebas de memoria verbal-auditiva y visual, tanto en la fase de codificación como de evocación a los 30 minutos. Los autores observaron un efecto de la edad en todas las sub-pruebas; a

mayor edad, mayor número de elementos recuperados. Los cambios fueron más notorios en el grupo de los niños pequeños (de 5 a 8 años de edad), y más sutiles en el grupo de niños mayores (de 9 a 16 años de edad), especialmente a partir de los 11 y 12 años. También se observó un efecto del sexo dependiente de la edad. Las niñas de 5 a 8 años superaron a los varones en las pruebas de reconocimiento verbal auditivo, codificación de una lista de figuras y recuperación visual por claves, mientras que las niñas de 9 a 16 años los superaron en las pruebas de cancelación de letras, en la codificación y la recuperación de una historia. El factor sexo también mostró interacción con el tipo de escuela, las niñas de escuelas privadas superaron al resto de los grupos en la prueba de dígitos en regresión y recuperación verbal-auditiva. Finalmente, el nivel educativo de los padres mostró una asociación positiva con la ejecución de todas las pruebas (excepto en la prueba de cancelación de dibujos) en el grupo de 9 a 16 años; los hijos de padres con estudios de licenciatura o más mostraron un mayor número de aciertos que aquéllos cuyos padres no estudiaron más allá de la preparatoria. El estudio arroja evidencia importante sobre el efecto de variables ambientales tales como el tipo de escuela y el nivel educativo de los padres, sobre el desarrollo de funciones cognitivas como la memoria y la atención.

Funciones ejecutivas

Las funciones ejecutivas, a diferencia de la atención y la memoria, tienen un desarrollo más prolongado que puede extenderse hasta la tercera década de vida (Romine & Reynolds, 2005). Esto las convierte en funciones más vulnerables al efecto de variables ambientales. En el trabajo realizado por Ardila, Rosselli, Matute & Guajardo (2005) también se evaluó el efecto de variables ambientales sobre el desarrollo de las funciones ejecutivas, particularmente del nivel educativo de los padres y del tipo de escuela. Para este estudio se incluyeron 622 participantes de 5 a 14 años (276 niños y 346 niñas), de escuelas públicas y privadas de población mexicana y colombiana. La muestra fue dividida en grupos de edad (5–6, 7–8, 9–10, 11–12, y 13–14 años) y se aplicaron 8 pruebas de funcionamiento ejecutivo de la ENI: Fluidez Verbal Semántica y Fonémica, Fluidez Gráfica Semántica y No semántica, Matrices, Similitudes, Flexibilidad cognitiva (Clasificación de Cartas), y Planeación y organización (Pirámide de México). En todas las tareas se observó un efecto de la edad, lo cual coincide con el desarrollo prolongado de las funciones ejecutivas. También se observó efecto del tipo de escuela, donde los niños de escuelas privadas tuvieron puntuaciones más altas en todas las tareas con excepción de la Fluidez Verbal Semántica y la Fluidez Gráfica no Semántica, tareas en las

cuales la ejecución fue similar. Los años de escolaridad de los padres se correlacionaron con la ejecución de los niños en las tareas de función ejecutiva, principalmente en las que tienen componente verbal. Esto indica que las diferencias observadas entre niños de escuelas públicas y privadas dependen de algunas condiciones relacionadas con el tipo de escuela pero externas a éstas, como lo es el nivel educativo de los padres.

En un trabajo posterior, Matute, et al. (2008), buscaron detectar si la edad afecta la precisión y la velocidad con que se ejecuta una tarea de planificación y organización a través de la tarea Pirámide de México. En una muestra de 239 escolares de México y Colombia, de 5 a 16 años de edad, distribuidos en 6 grupos etáreos (5–6, 7–8, 9–10, 11–12, y 13–14 y 15-16 años) se analizaron cinco medidas: número de aciertos, número de movimientos y tiempo de ejecución en los diseños correctos, número de aciertos y tiempo de ejecución en los diseños correctos realizados con el mínimo de movimientos. Se observó un efecto de la edad sobre las cinco medidas, los niños más pequeños tenían una menor cantidad de diseños correctos y un mayor número de movimientos, aunque se podía observar un efecto de techo alrededor de los 9 y 10 años en la medida de número de diseños correctos, mientras que el tiempo de ejecución fue menor a medida de que

era mayor la edad del grupo. Esta diferencia se observó aún entre los grupos de mayor edad. Los resultados sugieren que los niños pequeños centran su ejecución buscando realizar los ensayos de manera correcta, y en edades más tardías logran mayor velocidad en la ejecución. Los resultados demuestran que además de la precisión (el número de aciertos y el número de movimientos), la velocidad (el tiempo de ejecución) es un indicador útil del desarrollo de estas funciones, dado que la rapidez en la ejecución es la que marca diferencias mayores entre los niños.

Escritura. Coherencia narrativa

La cohesión de las ideas, la conexidad entre los elementos, la complejidad pragmática y la “completitud” relativa o redondez retórica, son aspectos identificados como requisitos para que un escrito tenga coherencia (Matute & Leal, 1996).

La ENI incluye dos tareas para evaluar la coherencia narrativa; una en el dominio de Lenguaje (subdominio Expresión) y la otra en el dominio de Escritura. En esta tarea se lee al niño un cuento corto en voz alta e inmediatamente después se le pide que escriba el cuento con sus

palabras. La coherencia de los textos es analizada en una escala del 1 al 7, con base en los niveles de coherencia propuestos en el estudio de Matute y Leal (1996). En dicho estudio se analizaron los escritos producidos por niños alumnos de escuelas primarias urbanas entre los 7 y 12 años de edad, sin antecedentes de problemas escolares. En lugar de calificar los textos con una escala dicotómica (coherente-incoherente) los autores propusieron utilizar una escala de seis niveles o clases de coherencia (Ver Cuadro 2).

Cuadro 2.
Criterios para establecer el nivel de coherencia en las narrativas.

Clase 1	Falta de conexidad sintáctica
Clase 2	Incompletud
Clase 3	Estrategia sintética
Clase 4	Complejidad pragmática a costa de conexidad sintáctica
Clase 5	Conexidad sintáctica con simplificación pragmática
Clase 6	Complejidad pragmática con conexidad sintáctica.

Posteriormente, la clasificación se amplió a 7 niveles de coherencia que fueron esquematizados en el árbol de la Figura 1. Este esquema permite identificar de forma sencilla el grado de coherencia de los textos y se encuentra en el manual de calificación de la ENI.

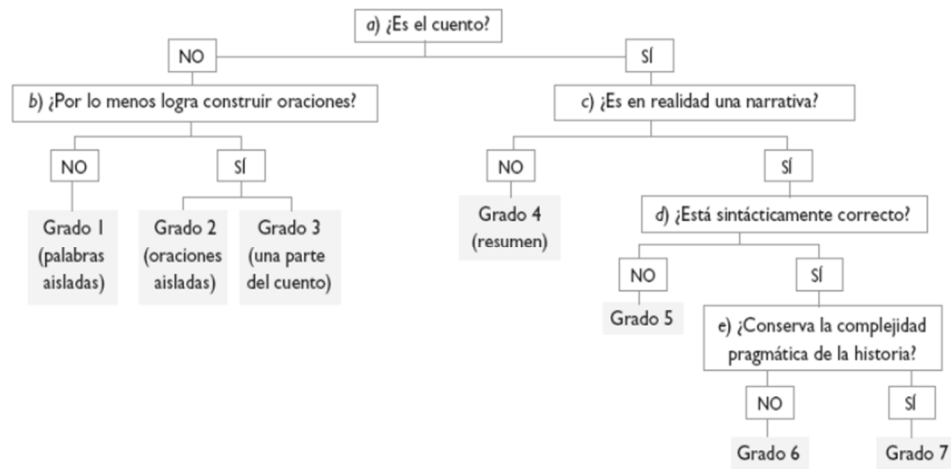


Figura 1. Esquema para la evaluación de la coherencia de textos infantiles orales y escritos. Tomado de Matute et al. 2007.

Esta tarea ha sido utilizada para analizar las narrativas escritas por niños que se encuentran inmersos en diferentes contextos culturales. En un estudio realizado con niños hispano-hablantes de México y de los Estados Unidos, analizaron narraciones con la finalidad de determinar si el contexto tiene un efecto sobre la coherencia con la que se redactan textos narrativos, así como en el uso de diferentes elementos lingüísticos, por ejemplo, los referentes (Matute, Rosselli & Chamorro, en prensa). La muestra estuvo integrada por 60 niños de 7 a 12 años de edad, repartidos en dos grupos de acuerdo al país de residencia: 30 niños que radican en los Estados Unidos (cuyos padres provienen de países latinoamericanos y por lo tanto tienen como lengua materna el español) y 30 niños que nacieron y que radican en México. Los grupos estuvieron pareados por edad, sexo y grado

escolar. El análisis de los textos, además de la coherencia, incluyó características formales (número total de palabras, signos de puntuación, errores de acentuación, errores en el uso de mayúsculas y palabras con errores ortográficos) y la permanencia del referente. Las diferencias entre los grupos resultaron más evidentes en aspectos formales que en aspectos globales. Las narrativas de los dos grupos fueron muy semejantes en su longitud, y en el nivel de coherencia. Dentro de los aspectos puntuales, las narrativas de los niños hispanos tuvieron un mayor número de signos de puntuación y un menor número de errores en el uso de mayúsculas. Sobre el manejo del referente, ambos grupos privilegiaron el uso de sustantivos, sin embargo, los hispanos los utilizan más que los mexicanos, mientras éstos usan en mayor porcentaje los pronombres. Dado que el aprendizaje de estos

aspectos forma parte del currículo escolar, los resultados sugieren que los niños hispanos están inmersos en situaciones de aprendizaje que facilitan el dominio de los aspectos puntuales (el uso de signos de puntuación y el uso de mayúsculas).

Lectura

El dominio de lectura de la ENI incluye medidas de precisión, comprensión y velocidad de lectura para niños de 6 a 16 años de edad, en diferentes tareas. Las diferencias relacionadas con la edad, en estos tres aspectos de la lectura han sido descritas por Rosselli, Matute y Ardila (2004, 2006), Matute, Inozemtseva y Rosselli (2006), y por González-Reyes, Matute, Inozemtseva, Guajardo y Rosselli (2011).

En el estudio de Matute, et al. (2006) se analizó el desempeño lector en las medidas señaladas de precisión, comprensión y velocidad, en la lectura de un texto leído en voz alta. La muestra de 281 niños, se separó en dos grupos, uno de 7 y 8 años, y otro de 11 y 12. El efecto de la edad en la tarea sólo se constató en la velocidad de lectura, de tal forma que los niños mayores registraron mayor velocidad al compararlos con los niños menores. Las medidas de precisión y comprensión no mostraron diferencias entre los grupos.

En los estudios de Rosselli, et al. (2004, 2006), en una muestra de 625 niños de entre 5 y 16 años de edad, ordenados en cinco grupos de edad, se analizó el desempeño en todas las tareas que incluye la ENI: precisión de la lectura de sílabas, palabras, oraciones y texto, además de la velocidad y la comprensión de la lectura de dos textos, uno leído en voz alta y otro en silencio. En cada una de las tareas evaluadas y las medidas consideradas se constató el efecto de la edad, de tal manera que los niños de mayor edad superaron en aciertos y velocidad a los niños de menor edad. Adicionalmente, se obtuvo evidencia de que la edad en la que se alcanza el dominio de la tarea de lectura varía de acuerdo con la medida analizada. Así, el dominio de la lectura de sílabas y palabras se logra entre los 6 y 7 años, el de pseudopalabras entre los 7 y 8 años, y de oraciones entre los 10 y 11 años. En tanto que, después de los 9 años, en las tareas de comprensión de textos no se observa variabilidad entre los grupos mayores. La velocidad de lectura se mantiene en incremento hasta el grupo de mayor edad.

En un estudio posterior de 2011, González Reyes, et al., a una muestra de 789 niños hispanohablantes de entre 5 y 16 años, de los cuales no se realizaron agrupaciones por edad, se les aplicó la totalidad de las tareas del dominio de lectura de ENI descritas en los

estudios de Rosselli, et al. (2004, 2006). Los hallazgos de estos estudios son semejantes, excepto por cierto matiz encontrado en las medidas de comprensión. Así, González Reyes, et al. (2011) al analizar el desempeño de los niños en las tareas de comprensión de la lectura, encontró que éste varía según la unidad lingüística de que se trate; así, la comprensión de oraciones tiene un dominio más temprano (a los 9 años) en comparación con la comprensión de textos, que continúa mejorando hasta los 16 años. Esto se explica al considerar que la comprensión de textos es una tarea más compleja que incluye habilidades cognitivas, lingüísticas y socioculturales. En general, el efecto de la edad fue mayor en las medidas de velocidad, en contraste con las medidas de comprensión y precisión, en las que, aunque es significativo, el efecto es menor. Estos hallazgos, son congruentes con los estudios previos descritos antes de Matute, et al. (2006) y de Rosselli, et al. (2004, 2006).

Matute, et al. (2006) identificaron que los niños de 7 y 8 años que comprenden mejor el texto también tienen mayor velocidad lectora; esta asociación está ausente en los niños de 11 y 12 años. En tanto que en este grupo de niños mayores, aquellos que son más veloces cometen menos errores de precisión.

Rosselli, et al. (2006), además de dar cuenta del efecto de la edad en las tareas de lectura analizadas, también reportan un efecto del tipo de escuela a la que asisten los niños; unos de escuelas públicas, otros de escuelas privadas. En todas las tareas los niños de escuelas privadas obtienen puntuaciones superiores en comparación con los niños que asisten a escuelas públicas. Los autores explican estas diferencias por variables socioculturales más amplias, como la diferencia en la escolaridad de los padres. Además encuentran un efecto del sexo de los niños, aunque menor.

Cognición y aprendizaje de la lectura

Desde una perspectiva neuropsicológica la lectura es un proceso cognitivo que requiere del apoyo de otros dominios cognitivos mediados por diferentes estructuras cerebrales. Estudios diversos enfocan sus esfuerzos en identificar tales dominios y aclarar la relación que tienen con la lectura, y pretenden además conocer si esta relación es diferente según la edad de los lectores (Savage, et al. 2005).

Uno de estos trabajos (Matute, et al., 2006) da cuenta de algunas habilidades vinculadas con la lectura, éstas son las habilidades de lenguaje, habilidades fonológicas, percepción visual y abstracción. Uno de los

aportes principales de este trabajo es la evidencia de que algunas de estas habilidades cognitivas se relacionan de forma diferente con la lectura según el grupo de edad al que pertenecen los niños. Así, por ejemplo, respecto al lenguaje, los niños de 7 y 8 años realizan la lectura del texto de una forma predominantemente perceptual, en tanto que los niños de 11 y 12 años utilizan habilidades narrativas más complejas, lo que se observa tanto en las medidas de comprensión de la lectura como en la precisión y la velocidad. Llama la atención que las habilidades metalingüísticas específicas, como parte de las habilidades fonológicas, no se relacionan con la comprensión de la lectura en ninguno de los dos grupos de edad, sin embargo se asocia con las medidas de velocidad de la lectura, y en el grupo de los niños mayores, se relacionan tres de cuatro habilidades metalingüísticas con la precisión de la lectura. Las habilidades de percepción visual prácticamente no se relacionan con la lectura en el grupo de los niños menores; en contraste, en el grupo de niños mayores, algunas tareas de percepción visual sí se asocian con la lectura. Finalmente, algunas tareas de abstracción también se relacionan con la lectura, en particular la tarea de similitudes, en tanto que la tarea de problemas numéricos se relaciona con la lectura solo en los niños mayores.

Estudios de predicción de la lectura en los que se busca establecer cuáles son los prerequisites de la lectura, establecen también relaciones entre las medidas de lectura y diferentes procesos cognitivos. Por ejemplo, en los trabajos de Rosselli, Matute & Ardila (2004) y Rosselli, Matute & Ardila (2006), se llevaron a cabo análisis de regresiones en las que se incluyen las tareas de lectura de la ENI y el desempeño de los niños en diferentes dominios de la ENI, entre ellos el dominio de atención, habilidades construccionales, habilidades espaciales, memoria, procesamiento perceptual visual y auditivo, lenguaje oral, funciones conceptuales y ejecutivas, y habilidades metacognitivas; todas estas como predictores de la lectura. Los resultados muestran que la tarea de cancelación de letras principalmente, pero también las de similitudes, memoria de palabras, seguimiento de instrucciones orales y orientación de líneas, predicen la velocidad de la lectura. Con base en esto, los autores sugieren que factores de tipo visuoperceptual y atencional podrían ser prerequisites para leer con rapidez. La comprensión de la lectura fue más difícil de predecir, aun así se relacionó levemente con habilidades de memoria visual y abstracción. Las variables metalingüísticas de deletreo y síntesis fonémica predijeron aceptablemente la velocidad y la comprensión de la lectura.

La relación entre lectura y cognición ha sido estudiada desde una perspectiva diferente por Matute, et. al. (2011). El propósito de este estudio fue conocer si los efectos del aprendizaje de la lectoescritura en las características neuropsicológicas son evidentes en la infancia, como se ha reportado claramente en la adultez, y si este efecto es diferente del de la escolarización. Las habilidades cognitivas seleccionadas para este estudio son aquellas relacionadas con la lectoescritura y la escolarización, como el cálculo y la conciencia metalingüística, e incluyen otras no relacionadas con tales variables, como percepción y memoria; todas estas habilidades fueron evaluadas con la ENI. La muestra se compuso de 43 niños de entre 6 a 13 años, la mitad fueron niños analfabetos y la otra mitad alfabetizados. Respecto a las habilidades metalingüísticas los hallazgos sugieren que los niños analfabetos tiene un desempeño semejante al de los adultos analfabetos, esto es, su desempeño es inferior en las tareas que requieren segmentar palabras en fonemas y manipular estos fonemas, y les fue imposible separar palabras en oraciones. El análisis de las habilidades de cálculo mostró un efecto de la edad, de tal forma que los niños analfabetos de mayor edad tienen puntuaciones más altas en cálculo, en comparación con los menores, lo que indica que el aprendizaje de las matemáticas no

sólo depende de la escuela, sino también del entorno. En las tareas no relacionadas con la lectoescritura (percepción y memoria) se observaron diferencias entre los grupos en todas las tareas, excepto en la tarea de Percepción Táctil. La diferencia más acentuada se encontró en Habilidades Espaciales, las cuales requieren del análisis de ilustraciones presentadas en papel. Los resultados sugieren que los efectos de la alfabetización observados en adultos, ya se evidencian en las habilidades cognitivas de los niños también analfabetos, en casi todas las tareas analizadas.

Desarrollo del lenguaje

La mayor parte de los estudios sobre el desarrollo del lenguaje oral se llevan a cabo con niños de la primera infancia, y poco se ha estudiado en la edad escolar y adolescencia. Esta población es estudiada por Inozemtseva, et. al. (2010), quienes se plantearon como objetivo registrar los cambios relacionados con la edad en la ejecución de tareas del lenguaje oral tradicionalmente utilizadas en Neuropsicología, esto en una muestra de 789 niños de 5 a 16 años de edad con las subpruebas de lenguaje que forman parte de la ENI. Los subdominios evaluados fueron el de Repetición (de sílabas, palabras, no-palabras y oraciones), Expresión (medida a través de tareas de

denominación de imágenes, coherencia narrativa y longitud en palabras de la expresión oral) y Comprensión (tareas de designación de imágenes, seguimiento de instrucciones y comprensión del discurso).

Los autores dan cuenta de los cambios asociados con la edad en todas las tareas analizadas. El efecto de la edad es mayor en tareas de expresión oral y menor en las tareas de repetición de sílabas, palabras y no-palabras. En estas últimas el techo se observa a los 7 años y parece vincularse al proceso de dominio del sistema fonológico del español, en tanto que la tarea de repetición de oraciones sigue en desarrollo hasta la adolescencia tardía, ello en razón de que se vincula a la capacidad de retención de información, memoria operativa y funciones ejecutivas. El subdominio de expresión del lenguaje oral mostró el mayor efecto de la edad, con diferencias casi entre todos los grupos de edad, comparados con los otros dos subdominios evaluados. Lo anterior se explica al considerar que durante la edad escolar continúan en desarrollo estructuras morfosintácticas complejas, así como el vocabulario y procesos cognitivos superiores como la memoria y el pensamiento abstracto, lo cual se refleja en la diversidad lexical y organización sintáctica de las producciones orales de los niños y adolescentes. Finalmente, las tareas

del subdominio de comprensión en este estudio muestran que se mantienen en desarrollo hasta la adolescencia tardía y se correlacionan con el desarrollo de la complejidad gramatical y pragmática del lenguaje expresivo.

Cognición, neuropsicología y bilingüismo

Una parte importante de los habitantes bilingües de Estados Unidos son hispanohablantes. En este contexto, resulta conveniente desarrollar instrumentos de evaluación neuropsicológica que sirvan para esta población. Con esta necesidad en mente, Rosselli, Ardila, Navarrete & Matute (2010) proporcionan datos normativos preliminares de la ENI aplicada a una muestra de 108 niños de entre 5 y 14 años, residentes de EU, y que sus familias proceden de un país de habla hispana, que se identifican a sí mismos como hispanos y que hablan español e inglés. Los participantes fueron evaluados en español por un examinador cualificado cuya lengua materna es también el español. Los dominios de ENI examinados en este estudio fueron: Habilidades construccionales, Memoria verbal (codificación), Memoria visual (codificación), Memoria verbal (recuerdo diferido), Memoria visual (recuerdo diferido), Percepción visual, Percepción auditiva, Lenguaje oral, Conciencia metalingüística,

Habilidades espaciales verbales, Habilidades espaciales no verbales, Atención verbal, Formación de conceptos y razonamiento, y Funciones ejecutivas. Los resultados indican que en la mayoría de las tareas aplicadas se constató un efecto de la edad, de tal forma que los niños mayores obtuvieron puntuaciones más altas frente a los niños menores. De un modo más preciso, las diferencias encontradas son más claras entre los grupos de edades de 5 a 6 años, 7 a 8 y 9 a 10, en tanto que en los niños mayores de 10 años sólo se observan cambios entre grupos de edad adyacentes en los dominios de Habilidades construccionales, Comprensión del discurso, Comprensión derecha e izquierda, Similitudes y Fluidez verbal. Respecto al género, se encontró un pequeño efecto que se muestra en algunas tareas con puntuaciones más altas en las niñas.

En esta misma muestra se realizó un análisis posterior (Matute, Rosselli, Ardila, Chamorro & Navarrete, 2014), pero en esta ocasión con el objetivo de comparar su desempeño cognitivo con el de 217 niños monolingües residentes en México y Colombia, quienes son una parte de los 789 niños que participaron en la estandarización de la ENI. Para este fin se compararon las puntuaciones obtenidas por las dos muestras en las 16 áreas de la ENI descritas en el estudio anterior (Rosselli, Ardila, Navarrete & Matute, 2010). En los

resultados se observa un efecto de la edad en las dos muestras y en todas las tareas. El hallazgo más sobresaliente de este estudio fue que las tareas en las que el grupo monolingüe obtuvo puntuaciones superiores a las del grupo bilingüe, se relacionan principalmente con las habilidades verbales, probablemente debido a que los niños monolingües utilizan el español tanto en el ambiente familiar como en el escolar, a diferencia de los bilingües quienes sólo hablan español con su familia. En contraste, el grupo bilingüe sobrepasa al grupo monolingüe en tareas de tipo no verbal y en habilidades metalingüísticas; en particular el bilingüismo parece favorecer el desarrollo de la conciencia fonémica.

Estos estudios tomados en conjunto permiten conocer el comportamiento de la ENI en diferentes poblaciones, facilitando así su confiabilidad y uso en los espacios de evaluación clínica en niños hispanohablantes que viven en diferentes contextos sociales y lingüísticos.

La ENI en estudios de poblaciones atípicas

Dislexia, lectura y cognición

La ENI también ha sido utilizada para conocer el perfil neuropsicológico de niños hispanohablantes con dislexia. La dislexia es un trastorno del

aprendizaje de la lectura, de origen neurobiológico. En las personas que la presentan, se observan dificultades en la precisión, la fluidez y el reconocimiento de palabras escritas, además de observarse problemas en el manejo de la ortografía y pobres habilidades de decodificación. Estas dificultades típicamente son el resultado de un déficit en el componente fonológico del lenguaje, el cual no se espera con relación a otras habilidades cognitivas y la instrucción escolar recibida. Entre las consecuencias secundarias se incluyen problemas en la comprensión lectora y experiencia lectora reducida, la cual puede limitar el crecimiento del vocabulario y el manejo de la información (Lyon, Shaywitz & Shaywitz, 2003). Medrano, Matute y Zarabozo (2011) evaluaron en 20 niños con dislexia y 20 niños sin dislexia, los dominios de la ENI de Atención, Habilidades espaciales, Memoria (codificación y evocación diferida), Procedimientos matemáticos y Habilidades perceptuales. En tales dominios no se registró diferencia entre los dos grupos. En cambio, en los dominios de la ENI en los que los niños con dislexia obtuvieron puntuaciones más bajas en comparación con el grupo control, fueron las Habilidades construccionales, Habilidades conceptuales, Habilidades metalingüísticas, Escritura, y Lenguaje. Al respecto, los autores discuten que muchos estudios dan evidencia de que las habilidades

metalingüísticas, en particular la conciencia fonológica y la noción de palabra son relevantes para el aprendizaje de la lectura. La primera se encuentra especialmente afectada en los disléxicos, sobre todo es significativa por su fuerte asociación con el procesamiento fonológico, caracterizado como deficiente en disléxicos tanto usuarios de sistemas ortográficos opacos como transparentes. En cuanto a la noción de palabra, evaluada a través de la tarea Conteo de palabras, la diferencia entre grupos observada es a destacar, pues poco se ha estudiado al respecto. El estudio también sugiere que los disléxicos hispanohablantes tienen adicionalmente dificultades con habilidades de escritura, ya que se encuentra disminuido en ellos el conocimiento ortográfico. Resulta también significativa la dificultad que muestran los disléxicos en tareas de lenguaje, como coherencia narrativa y la tarea de repetición de oraciones, esta última relacionada probablemente con la memoria operativa.

La relación entre lenguaje y problemas de lectura ha sido documentada ampliamente. Matute, Guajardo-Cárdenas y Ramírez-Dueñas (1996), en su estudio sugieren que tal asociación también se encuentra en población hispanohablante. Ellos estudiaron a 60 niños con problemas de lectura y 60 niños de grupo control, de 10 años

en promedio. Los niños disléxicos fueron seleccionados de un centro de intervención psicopedagógica, en el cual estaban ya identificados como niños con problemas de lectura. Se evaluó la lectura de todos los niños con un texto de 290 palabras y se registraron diferencias significativas entre los grupos en la velocidad y la precisión de la lectura. A todos los niños participantes además se les aplicó una prueba de dominancia manual, en tanto que a través de una entrevista con los padres se determinó si estos niños habían tenido problemas en el proceso de adquisición del lenguaje. Los autores lograron establecer una asociación entre dificultades de lectura, antecedentes de problemas de lenguaje y antecedentes familiares de problemas de lectura, en tanto que sólo se encontró una tendencia no significativa hacia la zurdería en los niños con dislexia.

La coherencia en la producción de narrativas escritas por niños con dislexia se ha estudiado mediante la ENI. La ENI, como se ha señalado atrás, propone un análisis basado en tres criterios: conectividad sintáctica, complejidad pragmática y elaboración retórica, y proporciona siete grados de coherencia. Varios estudios se han realizado en los que se emplea esta herramienta para conocer la escritura de niños con dislexia, de particular interés ha sido explorar los logros en la coherencia narrativa en este grupo de niños (Leal & Matute,

1995; Leal, Matute & Zarabozo, 1996; Matute, Leal & Zarabozo, 2000). En estos estudios se tomó como base una muestra de 60 niños con dislexia de segundo a sexto grado de primaria, 12 niños por cada grado, los cuales fueron comparados con un grupo de niños sin dificultades de lectura, pareados por edad, sexo, grado escolar y escuela (la misma muestra citada en el estudio anterior de Matute, et al., 1996). A los niños se les leyó en voz alta un cuento corto de 290 palabras y se les pidió que recuperaran el texto en forma escrita. Además de la coherencia narrativa, se analizó la ejecución en dos tareas adicionales: unidades narrativas recuperadas del cuento y el total de palabras producidas en la recuperación.

En el primer estudio, realizado por Leal y Matute (1995), se usaron sólo seis niveles de coherencia. Los resultados muestran que los niños con dislexia, en comparación con los niños sin dislexia, presentan un menor número de palabras recuperadas; además recuperan menos unidades narrativas y muestran un menor grado de coherencia. Así, mientras que los niños con dislexia producen 18 textos correspondientes al nivel de coherencia más bajo, apenas dos de sus pares no disléxicos lo hacen. Mientras que 33 textos de los niños sin dislexia obtienen la puntuación más alta de coherencia, solo 10 textos de los niños disléxicos lo

logran. Adicionalmente, el estudio da evidencia de que en los niños disléxicos, aun cuando su ejecución es inferior que el grupo control, a mayor edad y grado escolar obtienen también puntuaciones más altas en el número de palabras recuperadas y unidades narrativas; sin embargo esta tendencia no se registra en la coherencia, la cual no es mayor en los niños de grados superiores. A partir de estos datos el estudio concluye que los textos escritos por disléxicos son incoherentes y tienden a sacrificar principalmente la complejidad pragmática.

El segundo estudio sobre este tema lo realizaron Matute, et al. (2000), en el cual se confirman los hallazgos del estudio previo. El aporte principal de este trabajo es que mediante un análisis discriminante, en el que se consideraron el nivel de coherencia, la edad y el número de palabras leídas por minuto, es posible distinguir la pertenencia de los participantes a uno u otro grupo en el 86.67% de los casos, lo que revela la relación compleja que mantienen las diferentes variables en el proceso de escritura en los disléxicos.

En 1996, Leal, et al., publican un tercer estudio sobre la coherencia narrativa de textos escritos por niños con dislexia. Este es un estudio longitudinal en el que los niños disléxicos y sus controles, descritos en los trabajos previos (Leal & Matute, 1995; Matute, Leal &

Zarabozo, 2000), son vueltos a evaluar dos años después de la primera evaluación. Las comparaciones se realizaron entre los dos grupos y se observaron los cambios registrados por cada grupo a lo largo del tiempo, entre la primera y segunda evaluación. Las variables analizadas fueron coherencia narrativa, extensión en número de palabras de las narrativas escritas, así como en las unidades narrativas recuperadas. Algunos de los hallazgos más importantes de este estudio son los siguientes: a) Los niños de ambos grupos progresaron en la segunda evaluación con respecto a la primera evaluación, pero sólo en el conteo de unidades narrativas recuperadas y en el número de palabras recuperadas; en tanto, el nivel de coherencia alcanzado en la primera evaluación no cambió en la segunda, en ninguno de los dos grupos. b) El punto de partida del grupo de disléxicos fue inferior en comparación al grupo control, y el progreso registrado en los disléxicos en la segunda evaluación no alcanza ni siquiera los niveles obtenidos por los niños sin dislexia en la primera evaluación; esto en las tres variables analizadas. En general, como ya se ha señalado en estudios previos, los niños con dislexia producen textos escritos más incoherentes, más cortos y con menor número de unidades narrativas al compararlos con sus compañeros no disléxicos, y estas diferencias persisten aun al pasar dos años.

La relevancia de este conjunto de estudios estriba en que permiten dar cuenta de que los niños con dislexia, además de su déficit lector, tienen también dificultades en habilidades de escritura, en particular en la producción escrita de textos, y que tales habilidades deben ser consideradas en la caracterización y diagnóstico de los niños con problemas de lectura.

Un estudio longitudinal más sobre persistencia de la dislexia, lo publicaron López, González-Reyes, Zarabozo y Matute, en 2010. En este trabajo se analiza la misma muestra descrita en los estudios de coherencia narrativa de textos escritos que se reseñaron atrás, y se hace énfasis en las características de lectura de los niños disléxicos en comparación con un grupo de control. Los niños leyeron un texto narrativo en voz alta e inmediatamente después se les pidió que narraran con sus propias palabras la historia que habían leído. Las producciones orales de los niños fueron analizadas en dos aspectos: los formales de la lectura, como velocidad, omisiones y sustituciones; y las relacionadas con la narración: número de palabras utilizadas en la recuperación, número de episodios del cuento recuperados, elementos centrales del cuento, accesorios y distorsiones. Los niños con dislexia desde la primera evaluación presentan puntuaciones inferiores en la mayor parte de las variables analizadas, en comparación

con el grupo control. La segunda evaluación permite constatar que los disléxicos presentan cambios favorables en su desempeño lector al compararlos con la primera evaluación, sin embargo, al cabo de dos años no alcanza el nivel de lectura del grupo de niños sin dislexia, ni al alcanzado por el grupo control en la primera evaluación, esto en la mayor parte de las variables analizadas tanto las de lectura formal como de la recuperación narrativa. Aun más, en la velocidad lectora la diferencia entre los grupos aumenta con el tiempo, en desventaja de los niños con dislexia. Con base en estos hallazgos, las conclusiones de este estudio se decantan a favor de caracterizar la lectura de los niños disléxicos desde una perspectiva del déficit lector, con diferencias que se registran desde la primera evaluación, y se mantienen en la segunda. Destacan además el valor que tiene la velocidad de la lectura como signo principal de la dislexia en hispanohablantes, en congruencia con otros estudios realizados en población usuaria de sistemas de ortografía transparente.

Discalculia

Un trastorno de aprendizaje poco estudiado es la discalculia, definido como un patrón de dificultades en las habilidades numéricas, entre las cuales se encuentra el procesamiento numérico, el aprendizaje de las reglas

aritméticas y la ejecución de cálculos precisos (American Psychiatric Association, 2013). Estas dificultades le impiden a la persona tener un nivel de ejecución cercano a lo normal en las matemáticas (dos desviaciones estándar por debajo de su edad en una prueba aritmética estandarizada) aún cuando tengan un CI en el rango promedio (Matute & Orozco, 2011), e interfieren significativamente con su rendimiento académico y social (American Psychiatric Association, 2013). La ENI cuenta con una serie de tareas de cálculo que permiten determinar si el desempeño matemático de los niños se encuentra dentro del rango esperado para su edad, o por debajo de éste, como en el caso de la discalculia. Rosselli, Matute, Pinto & Ardila (2006), utilizaron estas tareas para analizar la relación que existe entre las habilidades matemáticas y la memoria de trabajo en niños con discalculia. Evaluaron a 50 niños entre los 11 y los 12 años de edad, de escuelas públicas de la ciudad de Guadalajara, Jalisco. De éstos, 17 niños tenían sólo discalculia, 13 niños tenían discalculia y trastorno de lectura, y 20 eran controles sanos. La evaluaciones incluyeron las tareas del apartado de Aritmética: conteo, lectura de números arábigos, dictado de número arábigos, comparación de números escritos (juicio de magnitud), ordenamiento de cantidades, series directa (contar de 3 en 3) serie inversa (restar de 3 en tres a partir del número 100), cálculo mental y

cálculo escrito. También se incluyeron 6 tareas de memoria de la ENI: repetición de una serie de dígitos (en el mismo orden y en orden invertido), repetición de enunciados, aprendizaje de una lista de palabras, recuerdo de una historia, denominación (memoria semántica), y aprendizaje de una lista de figuras. Los resultados indicaron que los niños que sólo tienen discalculia y los niños que además tienen trastornos de lectura, presentan un patrón semejante en la alteración de las habilidades matemáticas. Ambos grupos tuvieron puntuaciones significativamente más bajas que el grupo control en las pruebas de memoria de trabajo. Estas tareas resultaron ser los mejores predictores, dentro de las tareas de memoria, para las puntuaciones en las pruebas matemáticas; por lo tanto el déficit en la memoria de trabajo se propone como un elemento cognitivo importante en los niños con trastornos del cálculo.

Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad – TDAH

La ENI ha sido utilizada para la evaluación de trastornos de neurodesarrollo, tales como el Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH). En este trastorno se presentan niveles inadecuados de inatención, hiperactividad e impulsividad, antes

de los 12 años de edad, de manera relativamente crónica y sin ser explicados por un daño neurológico, una disfunción sensorial, lingüística o motora, por retraso mental o por una afectación emocional severa (American Psychiatric Association, 2013). Dentro de las características neuropsicológicas de este trastorno, se ha propuesto fallas en el control de la atención, en el control inhibitorio, así como en las funciones ejecutivas (Sergeant, Geurts, Huijbregts, Scheres, & Oosterlaan, 2003). Este último aspecto fue analizado en el estudio realizado por Ramos-Loyo, Taracena, Sánchez-Loyo, Matute & González-Garrido (2011). En este trabajo se buscó identificar los déficits en las funciones ejecutivas y su relación con el funcionamiento social en niños con TDAH. Así, evaluaron 15 niños varones con diagnóstico de TDAH y 15 niños sanos, entre 7 y 11 años. Los grupos estuvieron pareados por edad, grado escolar, tipo de escuela y nivel socioeconómico. Para evaluar las funciones ejecutivas se aplicaron las pruebas de funcionamiento ejecutivo de la ENI (fluidez, flexibilidad cognitiva y planeación y organización) así como la subescala de dígitos del WISC- IV. Para evaluar el funcionamiento ejecutivo Social, se aplicó el inventario BRIEF (Behavior Rating Inventory of Executive Function). En los resultados, se observó una tendencia del grupo con TDAH a puntuar por debajo del grupo control en las pruebas de funciones

ejecutivas, siendo significativas las diferencias únicamente en la tarea de organización y planeación (Pirámide de México) en el número de diseños correctos. En el inventario BRIEF se observaron mayores problemas de funcionamiento ejecutivo social en los niños con TDAH que en los controles. No se encontraron correlaciones significativas entre el funcionamiento ejecutivo evaluado por las pruebas neuropsicológicas y el funcionamiento ejecutivo social evaluado por el inventario. En conclusión, los resultados del presente trabajo indican que si bien los niños con TDAH tienen un desempeño más bajo en las pruebas de funcionamiento ejecutivo en comparación con los controles, la diferencia no es tan pronunciada y su desempeño no se correlaciona con las alteraciones ejecutivas observadas en su ambiente.

Síndrome Turner

Independientemente de que la primera edición de la ENI se publicó en el 2007, el desarrollo de la prueba se inició mucho antes. Uno de los primeros estudios donde se creó y se utilizó una de las tareas que actualmente forma parte de la ENI (Matute, et al., 2007) fue el estudio del procesamiento sintáctico en el Síndrome de Turner (ST). Los resultados de este proyecto se publicaron en 2002 por Inozemtseva, Matute, Zarabozo & Ramírez-Dueñas,

en *Journal of Child Neurology*. El ST es una alteración genética femenina, relacionada con alteraciones en el cromosoma X. El perfil neuropsicológico de estas pacientes se caracteriza por la presencia de alteraciones en habilidades visuo-espaciales, pero en cuanto a sus habilidades verbales en la literatura ha existido controversia. El puntaje obtenido en el CI verbal de la escala de Wechsler se ha reportado como normal, sin embargo, en tareas donde se requiere de un mayor manejo morfo-sintáctico se ha observado la ejecución más baja por parte de las niñas con ST al compararlas con el grupo control. Así, el objetivo de este estudio fue determinar si las niñas con ST presentan dificultades en el procesamiento sintáctico de las estructuras lógico-gramaticales con y sin términos espaciales y de diferente grado de complejidad determinado por el número de relaciones que tiene que manejar la niña. Para llevar a cabo el objetivo de este estudio se reunió una muestra de 15 niñas con ST y un grupo control, pareado con el grupo con ST por la edad, grado escolar y tipo de escuela. A los participantes se les aplicó una batería de tareas diseñadas en el laboratorio de Neuropsicología y Neurolingüística que evalúan la comprensión y expresión de diferentes estructuras lógico-gramaticales, tales como sujeto-objeto, lexicales, temporales, reversibles, instrumentales, entre otras. La tarea, que posteriormente formó parte de la ENI, se llama

comprensión y expresión de las relaciones izquierda-derecha. Para realizar esta tarea el niño, con apoyo de un mapa, tiene que llevar a diferentes lugares del mapa a un muñequito con base a las instrucciones, o bien “explicar” al muñequito qué camino tiene que tomar para llegar a cierto lugar. Los resultados de esta investigación revelaron que las niñas con ST obtuvieron significativamente menos aciertos en estas tareas que las niñas controles, indicando la presencia de dificultades en el procesamiento sintáctico complejo el cual implica el manejo de los términos espaciales.

Hiperplasia Adrenal Congénita

La ENI también se usó para caracterizar el perfil cognitivo de otro trastorno genético que es la Hiperplasia Adrenal Congénita (HAC) (Inozemtseva, Matute & Juárez, 2008). La HAC es un desorden genético determinado por la insuficiencia en la síntesis de glucocorticoides y mineralocorticoides, lo cual resulta en la secreción excesiva de los esteroides sexuales, particularmente andrógenos. En los estudios previos en esta población se ha reportado una mayor incidencia, en comparación con la población típica, de problemas de aprendizaje, referidos principalmente a través de la presencia de una discrepancia entre el CI verbal y el CI de ejecución,

o bien, a través de los reportes previos de fracasos escolares. Además, en la literatura se ha reportado la masculinización de las niñas con HAC tanto física como cognitiva, debida a la exposición prenatal a altas dosis de andrógenos. Dado lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar la presencia de trastornos de aprendizaje en la lecto-escritura y en matemáticas con base a los criterios internacionales de diagnóstico de trastornos de aprendizaje y utilizando los instrumentos estandarizados para la evaluación de la lecto-escritura y matemáticas. Además, se planteó establecer el perfil neuropsicológico de estas niñas tomando en cuenta las habilidades donde se ha reportado la presencia de diferencias sexuales tales como las habilidades espaciales, construccionales y verbales. Para poder determinar la presencia de los trastornos de aprendizaje en pacientes con HAC, a 11 niñas con esta enfermedad de edad escolar y sus controles, se le aplicaron las tareas de la ENI de dominios de lectura (de precisión, velocidad y comprensión), de escritura (precisión y composición narrativa, medida a través de la longitud de la producción escrita y la coherencia narrativa) y de matemáticas (cálculo mental, cálculo escrito, resolución de problemas aritméticos). El perfil neuropsicológico se determinó al aplicar las tareas de la ENI (Matute et al., 2007) relacionadas con las

habilidades gráficas (copia de la figura compleja), el lenguaje oral (repetición de sílabas, palabras, no palabras, oraciones, expresión medida a través de la denominación, coherencia narrativa oral, longitud de la expresión oral, recepción medida a través de la designación de imágenes, seguimiento de instrucciones, comprensión del discurso), las habilidades espaciales (comprensión izquierda-derecha, figuras vistas desde los ángulos diferentes, orientación en líneas, orientación en coordenadas) y la fluidez verbal semántica y fonémica. Para analizar los resultados relacionados con la presencia de los trastornos de aprendizaje, las puntuaciones obtenidas por cada niña en cada tarea se convirtieron a las puntuaciones estándar y se compararon con la media normativa de la ENI para la edad de cada participante. El trastorno de aprendizaje se consideró como evidente cuando una puntuación se ubicaba por lo menos 2DE por debajo de la media en al menos dos medidas del mismo dominio. Seis de 11 niñas con HAC presentaron trastornos de aprendizaje en 1, 2 o incluso 3 dominios, mientras que solamente una niña del grupo control presentó las puntuaciones bajas en el dominio de lectura. En cuanto al perfil neuropsicológico, se compararon las puntuaciones estándar obtenidas por el grupo con HAC y por el grupo control. Se observó que el grupo con HAC mostró una ejecución

significativamente más baja en la repetición de oraciones, longitud de la expresión oral, comprensión izquierda-derecha y fluidez verbal semántica. En el presente trabajo, a través de la aplicación de la ENI, se demostró la presencia de problemas de aprendizaje predominantemente de tipo verbal, pero no exclusivamente en pacientes con HAC. Además, pensamos que los problemas de aprendizaje de tipo verbal identificados se asocian con dificultades en el lenguaje oral también reportadas en este estudio.

Niños con exposición alcohólica fetal

La batería neuropsicológica ENI (Matute et al., 2007) se ha utilizado también en poblaciones infantiles con trastornos poco comunes como son los niños con la exposición alcohólica fetal. En estudios previos se ha reportado que los hijos de madres alcohólicas, expuestos al alcohol durante el desarrollo fetal, presentan diferentes alteraciones a nivel estructural y funcional del SNC aunadas a alteraciones cognitivas. Así, se ha evidenciado que estos niños pueden presentar un retraso generalizado en el desarrollo, o bien dificultades en los procesos específicos tales como memoria, atención, habilidades de cálculo, funciones ejecutivas, problemas psicosociales y de conducta. Sin embargo, la exposición prenatal al

alcohol puede no ser determinante para la manifestación de estas alteraciones en los niños, dado que los factores familiares y sociales que los rodean son importantes para el cuadro sintomático completo. Con el propósito de tratar de indagar sobre los efectos diferenciados de la exposición prenatal al alcohol y la vida en un ambiente “alcoholizado”, se realizó un estudio pionero (Peña, Matute & Inozemtseva, 2013) en el cual se compararon las funciones cognitivas medidas a través de la ENI de 5 niños con exposición prenatal al alcohol y 6 niños sin este tipo de exposición pero con madre alcohólica. Los resultados obtenidos revelaron que ambos grupos presentaron las puntuaciones en el CI total promedias, o incluso por arriba de la norma (rango 91-132), determinadas a través del WISC-RM. En cuanto a la ENI, a ambos grupos se les aplicaron tareas que permiten evaluar 29 áreas cognitivas y como puntuación normal se consideró aquella que se ubicó dentro del rango entre 8–12 puntos de la escala estándar. Ambos grupos obtuvieron puntuaciones escalares por debajo de la media en las tareas relacionadas con las habilidades visuoespaciales (construcción con palillos), mientras que en la tarea de atención visual, solamente el grupo con exposición prenatal obtuvo puntuaciones por debajo de la norma. Así mismo, varios niños de ambos grupos presentaron dificultades en la conducta. Considerando los

resultados obtenidos en esta investigación se concluyó que “los resultados de este estudio, aun cuando no pueden considerarse como concluyentes debido al tamaño de la muestra, sugieren que el ambiente familiar “alcoholizado”, debido a la presencia de la madre alcohólica, tiene efectos negativos en el desarrollo cognitivo y comportamental de los niños.”

Conclusiones

La colaboración del grupo de investigación del laboratorio de Neuropsicología y Neurolingüística con los demás autores de la Evaluación Neuropsicológica Infantil- ENI y otros investigadores, ha resultado muy fructífera ya que ha permitido conocer tanto el desarrollo típico de niños hispanohablantes de tres países: México, Colombia y Estados Unidos. Además, su desarrollo ha facilitado la incursión en diferentes trastornos ligados al neurodesarrollo que de otra forma, ante la ausencia de instrumentos de evaluación diseñados y estandarizados para la población hispanohablante, difícilmente hubiera sido posible atenderlos. Actualmente se está trabajando en un estudio longitudinal con niños con TDAH, con niños nacidos de madres con diabetes gestacional, niños con EVC hemorrágico derivado de hemofilia, niños sobrevivientes de tumores

cerebrales así como en aquellos con síndromes genéticos específicos.

Se tiene conocimiento de que grupos de diferentes países latinoamericanos la están utilizando, derivado de la facilidad de aplicación y de entrenamiento, de su accesibilidad comercial y la solidez de su constructo teórico. Esperamos en un futuro cercano contar con las publicaciones resultantes de dichos estudios.

Bibliografía

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.) Arlington, VA.: American Psychiatric Publishing.

Ardila, A., Rosselli, M., Matute, E., & Guajardo, S. (2005). The influence of the parents' educational level on the development of executive functions. *Developmental Neuropsychology*, 28 (1), 539-560.

González-Reyes, A. L., Matute, E., Inozemtseva, O., Guajardo, S., & Rosselli, M. (2011). Influencia de la edad en medidas usuales relacionadas con tareas de lectura en escolares hispanohablantes. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*. 11, 1, pp. 51-65.

Inozemtseva, O., Matute, E., González-Reyes, A. L., Guajardo, S.,

Rosselli, M., & Ruiz, E. (2010). Influencia de la edad en la ejecución de tareas relacionadas con el lenguaje en escolares. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 10, 1, 9-21.

Inozemtseva O., Matute E., & Juárez J. (2008). Learning disabilities spectrum and sexual dimorphic abilities in congenital adrenal hyperplasic girls. *Journal of Child Neurology*, 23 (8): 862-869.

Inozemtseva O., Matute E., Zarabozo D., & Ramírez-Dueñas L. (2002). Syntactic processing in Turner's Syndrome. *Journal of Child Neurology*, 17: 9, 668-672.

Leal, F., & Matute, E. (1995). Los efectos de la edad y grado escolar sobre la coherencia de una narración escrita por niños con problemas de aprendizaje. *Salud Mental*, 18, 4, 10-17.

Leal, F.; Matute, E., & Zarabozo, D. (1996). Algunos aspectos evolutivos en narraciones escrita por niños con problemas en el aprendizaje de la lectoescritura. *Estudios de Lingüística Aplicada*, 14, 23/24, 331-342.

Lezak, M. D., Howieson, D. B., & Loring, D. W. (2004). *Neuropsychological assessment*. New York, USA: Oxford University Press.

López Ángel, A., González-Reyes, A.L., Zarabozo, D., & Matute, E.

(2010). La dislexia en hispanohablantes: Un problema que persiste a lo largo de la escuela primaria. *Revista Mexicana de Psicología*, 27, 1, 45-54.

Lyon, G. R., Shaywitz, S., & Shaywitz, B. A. (2003). Defining dyslexia, comorbidity, teachers' knowledge of language and reading. A definition of dyslexia. *Annals of Dyslexia*. 53, 1-14.

Matute, E., Chamorro, Y., Inozemtseva, O., Barrios, O., Rosselli, M., & Ardila, A. (2008). Efecto de la edad en una tarea de planificación y organización ('pirámide de México') en escolares. *Revista de Neurología*, 47 (2), 61-70.

Matute, E., Guajardo-Cárdenas, S., & Ramírez-Dueñas, M. de L. (1996). Family history of handedness and language problems in Mexican reading-disabled children. *Behavioural Neurology*, 9, 119-126.

Matute, E., Inozemtseva, O., & Rosselli, M. (2006). Habilidades cognitivas y lectura de un texto en escolares. *Revista Fuentes Humanísticas*. 32, 19-26.

Matute, E., & Leal, F. (1996). ¿Se puede evaluar la coherencia en narraciones escritas por niños? *Lectura y vida*.

Matute, E., Leal, F., & Zarabozo, D. (2000). Coherence in short narratives written by Spanish-speaking children

with reading disabilities. *Applied Neuropsychology*, 7, 1, 47–60.

Matute, E., Montiel, T., Pinto, N., Rosselli, M., Ardila, A., & Zarabozo, D. (2011). Comparing cognitive performance in illiterate and literate children, *International Review of Education*, 58, 1, 109-127.

Matute, E., & Orozco, J. (2011). Bases neuropsicológicas del desarrollo de las habilidades de cálculo. En R. Murillo, *Tópicos en Ciencias Biológicas* (pp. 125-138). Mérida, Yucatán: Universidad Anáhuac Mayab.

Matute, E., Rosselli, M., Ardila, A., Chamorro, Y., & Navarrete, G. Diferencias en el desarrollo cognitivo entre niños bilingües español/inglés y niños monolingües hispanohablantes (2014). En: A. Signoret Dorcasberro, R. E. Delgadillo Macías, A. L. Rodríguez Lázaro y M. L. E. Jiménez Lara (Coords.). *Psicolingüística del Bilingüismo: Diversos enfoques*. México, D.F., CELE-UNAM.

Matute, E., Rosselli, M., Ardila, A., & Ostrosky, F. (2007). *Evaluación Neuropsicológica Infantil—ENI (Child Neuropsychological Assessment)*. Mexico D.F., Mexico: Manual Moderno/Universidad de Guadalajara/UNAM.

Matute, E., Rosselli, M., & Chamorro, Y. (en prensa). La coherencia en narrativas escritas por niños de

México y Estados Unidos. En R. Barriga (Coord.), *Las narrativas y su impacto en el desarrollo lingüístico infantil*. México D.F: El Colegio de México.

Matute, E., Sanz, A., Gumá, E., Rosselli, M., & Ardila, A. (2009). Influencia del nivel educativo de los padres, el tipo de escuela y el sexo en el desarrollo de la atención y la memoria. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 41 (2), 257-276.

Medrano, A. P., Matute, E., & Zarabozo, D. (2011). Características neuropsicológicas de niños hispanohablantes con dislexia. En E. Matute y S. Guajardo (Coordinadoras). *Dislexia. Definición e Intervención en Hispanohablantes*. 2ª. ed. (pp. 51-62). Manual Moderno: México.

Peña, J., Matute, E. & Inozemtseva, O. (2013). Efectos de la exposición alcohólica prenatal en el neurodesarrollo, la cognición y la conducta. En E. Matute y A. González-Garrido (Eds.), *Cerebro y Drogas*. México, D.F.: Manual Moderno.

Ramos-Loyo, J., Michel Taracena, A., Sánchez-Loyo, L., Matute, E., & González-Garrido, A. (2011). Relación entre el funcionamiento ejecutivo en pruebas neuropsicológicas y en el contexto social e niños con TDAH. *Revista de*

Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias , 11 (1), 1-16.

Romine, C. R., & Reynolds, C. R. (2005). A model of the development of frontal lobe functioning: findings from a meta-analysis. *Applied Neuropsychology* , 12 (4), 190-201.

Rosselli, M., Ardila, A., Navarrete, M. G., & Matute, E. (2010). Performance of Spanish/English bilingual children on a Spanish-language neuropsychological battery: Preliminary normative data. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 25, 218–235.

Rosselli, M., Matute, E., & Ardila, A. (2006). Predictores neuropsicológicos de la lectura en español. *Revista de Neurología*, 42, 202-210.

Rosselli, M., Matute, E., & Ardila, A. (2004). Características neuropsicológicas y aprendizaje de la lectura en niños hispanohablantes. En E. Matute (Coordinadora), *Aprendizaje de la lectura. Bases biológicas y estimulación ambiental*. (p. 29-54). Universidad de Guadalajara: México.

Rosselli, M., Matute, E., & Ardila, A. (Coord.) (2010). *Neuropsicología del desarrollo infantil*. México, D.F.: El Manual Moderno.

Rosselli, M., Matute, E., Pinto, N., & Ardila, A. (2006). Memory abilities in children with subtypes of dyscalculia.

Developmental Neuropsychology , 30 (3), 801-818.

Savage, R.S., Frederickson, N., Goodwin, R., Patni, U., Smith, N., & Tiersley, L. (2005). Relationship among rapid digit naming, phonological processing, motor automaticity, and speech perception in poor, average, and good readers and spellers. *Journal of Learning Disabilities*; 38: 12-28.

Sergeant, A., Geurts, H., Huijbregts, S., Scheres, A., & Oosterlaan, J. (2003). The top and the bottom of ADHD: a neuropsychological perspective. *Neuroscience and Behavioral Reviews*, 27, 583-592.

D

Diferencias sexuales en las funciones ejecutivas en pacientes con esquizofrenia de inicio reciente

Julieta Ramos-Loyo

Instituto de Neurociencias.
CUCBA, Universidad de Guadalajara.
Jalisco, México.

Leonor Mora Reynoso

Maestría en Ciencia del
Comportamiento, Orientación
Neurociencia. CUCBA, Universidad
de Guadalajara.

Luis Miguel Sánchez-Loyo

Departamento de Neurociencias.
CUCS, Universidad de Guadalajara.
Jalisco, México.

Virginia Medina Hernández

Centro Comunitario de Salud Mental
No. 1, Instituto Mexicano del Seguro
Social, México.

Correspondencia: Dra. Julieta Ramos-Loyo.
Instituto de Neurociencias. CUCBA,
Universidad de Guadalajara, Francisco de
Quevedo 180, Col. Arcos Vallarta,
Guadalajara, Jal. MÉXICO. CP 44130.
Correo electrónico: jramos@cencar.udg.mx

Agradecimientos: Este trabajo fue apoyado
por el Consejo Nacional de Ciencia y
Tecnología (40883).

Resumen

Se han encontrado diferencias sexuales en la sintomatología, el pronóstico y la evolución de la esquizofrenia. Sin embargo, no se han descrito de manera consistente las diferencias entre sexos en las funciones ejecutivas, lo cual fue el objetivo del presente trabajo. Participaron 38 pacientes con esquizofrenia paranoide de inicio reciente y 38 sujetos sanos (20 mujeres y 18 hombres por grupo). Las funciones ejecutivas se evaluaron por medio de las pruebas WCST y Stroop. Los pacientes tuvieron peor ejecución que los controles tanto en la prueba de Stroop como en el WCST. Las mujeres con esquizofrenia requirieron menor número de estímulos para completar la primera categoría que los hombres en el WCST. En la prueba de Stroop, las mujeres sanas mostraron menor número de palabras en la incongruencia de color en

comparación con los hombres. Los resultados de este estudio confirman los déficits reportados en las funciones ejecutivas en pacientes con esquizofrenia al compararlos con sujetos sanos. En relación a las diferencias sexuales, las mujeres con esquizofrenia entendieron más rápidamente la estrategia para la ejecución en el WCST. Las mujeres control mostraron mayor dificultad en el control inhibitorio de la interferencia que los hombres.

Palabras clave: esquizofrenia, diferencias sexuales, funciones ejecutivas, WCST, Stroop.

Sex differences in executive functions in patients with recent-onset schizophrenia

Abstract

Sex differences in symptoms and course of illness have been reported among schizophrenic patients. However, sex differences in executive functions have not been consistently described, thus this was the aim of the present work. Thirty eight paranoid schizophrenics with short-term evolution and 38 healthy volunteers (20 women and 18 men in each group) participated in the study. Executive functions were evaluated by means of WCST and Stroop Test. Schizophrenic patients showed a worse performance than controls in the Stroop Test and the WCST. Women with schizophrenia needed

fewer stimuli to complete the first category than men in the WCST. In the Stroop Test, control women showed fewer number of reading words in the color naming incongruent words compared to men. Present results confirm executive functions deficits reported in schizophrenic patients. In relation to sex differences, women with schizophrenia showed faster comprehension of the strategy to perform the WCST. Healthy women showed higher difficulty in interference control inhibition than men.

Keywords: schizophrenia, sex differences, executive functions, WCST, Stroop.

Introducción

La esquizofrenia es una enfermedad psiquiátrica crónica y degenerativa, con una gran heterogeneidad en cuanto a sus características clínicas, las anormalidades funcionales y su evolución temporal. En general, se caracteriza por una serie de síntomas positivos como son las alucinaciones y los delirios y negativos, como la anhedonia y la retirada social.

En los últimos años, se ha incrementado el número de estudios relacionados con las alteraciones cognitivas, tales como en la atención, memoria, funciones ejecutivas y afectivas evaluadas a través de pruebas neuropsicológicas, además del diagnóstico clínico. Las funciones

ejecutivas son las responsables de controlar y coordinar la ejecución de tareas complejas que implican el diseño de planes y programas, la autorregulación y la monitorización de las tareas, la selección precisa de comportamientos y conductas, la flexibilidad en el trabajo cognitivo para obtener resultados eficaces en la resolución de problemas y el control de múltiples actividades de la vida diaria (Pineda, 2000; Roberts, Robbins & Weiskrantz, 1998). Estas funciones permiten la generación de conductas apropiadas bajo circunstancias novedosas y juegan un papel importante en el funcionamiento cognitivo, la conducta, el control emocional y la interacción social, así como en el pronóstico de la enfermedad, por lo que su estudio adquiere gran relevancia en los pacientes con esquizofrenia.

Los pacientes con esquizofrenia muestran problemas para inhibir información proveniente del ambiente, así como respuestas irrelevantes y aquellas preferentes ya sea reflejas, sobre-aprendidas o automáticas a estímulos particulares (Ford et al., 2004). La relación entre la ejecución en pruebas que miden funciones ejecutivas y los síntomas psicopatológicos parece depender de la severidad de los síntomas positivos y negativos y de la permanencia de los mismos en periodos de remisión. En específico, se ha descrito que aquellos pacientes que cursan con

mayor cantidad de síntomas negativos tienen más alteraciones cognitivas, particularmente aquellas asociadas con una disfunción frontal como es el caso de las funciones ejecutivas (Berman et al., 1997; Waford & Lewine, 2010). En general, los pacientes con esquizofrenia presentan alteraciones en distintos componentes de las funciones ejecutivas (Reichenberg & Harvey, 2007 para una revisión).

Dentro de las tareas cognitivas empleadas con este tipo de pacientes para evaluar las funciones ejecutivas se encuentran la prueba de Stroop, el Trial Making Test, la prueba de fluidez verbal y la prueba de Clasificación de Cartas de Wisconsin (WCST), entre otras. Esta última, el WCST, ha sido la más ampliamente utilizada para evaluar la disfunción ejecutiva en pacientes con esquizofrenia (Bornstein et al., 1990; Zihl, Grön & Brunbauer, 1998). El WCST evalúa habilidades para el razonamiento abstracto, la flexibilidad cognitiva, la atención, la inhibición de respuestas y la memoria de trabajo, principalmente (Zihl et al., 1998).

Dentro de las disfunciones ejecutivas referidas con mayor frecuencia en los pacientes con esquizofrenia se encuentra la conducta perseverativa (Lysaker, Bell, Bryson & Kaplan, 1998; Palmer & Heaton, 2000; Perry & Braff, 1998; Seidman et al., 1998), la cual limita el cambio de una estrategia conductual a otra, aun

cuando el evaluador provee retroalimentación señalando el error cometido. Los errores perseverativos son más evidentes en los pacientes con subtipo paranoide que no paranoide (Abbruzzese, Ferri & Scarone, 1996). Otra de las alteraciones encontradas en los pacientes con esquizofrenia es la dificultad para inhibir la interferencia de estímulos irrelevantes, la cual es evaluada a través de la prueba de Stroop (MacLeod, 1991).

Dentro de los diferentes factores que afectan las características clínicas de la esquizofrenia se ha considerado el sexo. Entre las diferencias sexuales se ha descrito que los hombres son más propensos a desarrollar la enfermedad, su inicio es a una edad más temprana, muestran un peor pronóstico, además de mayores problemas de adaptación social (Abel, Drake, & Goldstein, 2010; Choi, Chon, Kang, Myung & Jun, 2009; Zhang et al., 2012). Las mujeres, por su parte, muestran un mayor ajuste social premórbido, un inicio más tardío, menor severidad de los síntomas y mayor número de remisiones espontáneas (Häfner, Maurer, Löffler & Riecher-Rössler, 1993; Kao et al., 2013; Zhang et al., 2012). A nivel bioquímico, se ha encontrado que los hombres con esquizofrenia tienen mayor daño neuronal oxidativo que las mujeres, lo cual puede contribuir a un curso más comprometido y una mayor gravedad

de la enfermedad (Ramos-Loyo et al., 2013).

Con respecto a las funciones cognitivas, diversos estudios refieren diferencias sexuales en pacientes con esquizofrenia en procesos de atención, memoria y funciones ejecutivas (Goldstein, et al. 1998; Gruzelier, 1994; Häfner, 2003; Kao et al., 2013) y de procesamiento emocional (Abu-Akel & Bo, 2013; Ramos-Loyo, Mora, Sánchez & Medina, 2012). En general, las mujeres con esquizofrenia presentan mayor desempeño y menor tiempo de ejecución que los hombres en las tareas de funcionamiento ejecutivo, especialmente aquellas que involucran procesamiento verbal; aunque, el desempeño de las mujeres con esquizofrenia es más bajo que el de las mujeres sanas (Allen, Goldstein & Weiner, 2001; Goldstein et al., 1998; Kremen et al., 1997; Narr et al., 2004; Szeszko et al., 2000, 2002).

No obstante, otros autores no han encontrado diferencias significativas entre los sexos (Hoff et al., 1998). Ayesa-Arriola et al. (2014) consideran que las diferencias sexuales en los pacientes dependen del estado clínico y el tipo de tarea; mientras que el desempeño de los hombres es más alto en tareas de tiempo de reacción, memoria visoespacial y planeación, las mujeres los superan en la ejecución de tareas de memoria verbal, sin observarse diferencias al

inicio de la enfermedad. Brébion et al. (2013) encontraron resultados semejantes pero los relacionaron con el tipo de sintomatología. Estos autores refirieron que los síntomas negativos afectaron el recuerdo y la fluidez verbal en los pacientes hombres, mientras que en las mujeres fue la atención la que resultó más afectada. Además, en este mismo estudio se reportó que la depresión afectó más el recuerdo verbal en las mujeres y, la ansiedad en los hombres. Como podemos observar las diferencias sexuales en las funciones cognitivas dependen del subtipo clínico, la sintomatología, la etapa evolutiva de la enfermedad y el tipo de tareas cognitivas empleadas en la evaluación de los pacientes con esquizofrenia.

Dado que la esquizofrenia es en la actualidad considerada como un problema de neurodesarrollo, es relevante considerar que el adecuado desarrollo de las funciones ejecutivas depende en gran medida, del funcionamiento de las regiones prefrontales del cerebro, principalmente de las dorsolaterales (Robinson, Heaton, Lehman & Stilson, 1980). En este sentido, se han encontrado alteraciones anatómicas y funcionales en la corteza prefrontal en los pacientes con esquizofrenia. Entre ellas, una disminución en el volumen del lóbulo frontal (Bryant, Buchanan, Vladar, Breier & Rothman, 1999; Goghari, MacDonald III, & Sponheim, 2014;

Selemon, Kleinman, Herman & Goldman-Rakic, 2002). Además, se ha reportado que los pacientes con esquizofrenia presentan alteraciones semejantes a aquéllos con tumores en el lóbulo frontal en la ejecución del WCST (Allen et al., 2001; Haut et al., 1996).

De igual forma, se han observado alteraciones funcionales de la corteza prefrontal durante la realización de tareas ejecutivas. Ford et al. (2004) encontraron que los pacientes con esquizofrenia utilizan menos estructuras neurales, particularmente el cíngulo anterior, para inhibir respuestas preferentes que los sujetos normales durante una tarea Go/NoGo. Ragland et al. (1998) encontraron que personas sanas se activan las áreas frontales, occipitotemporales y temporales, mientras que en los pacientes con esquizofrenia no se observa el incremento del flujo en las áreas dorsolaterales, pero sí en el giro parahipocámpico. Esto sugiere que, en la esquizofrenia existe una organización funcional distinta responsable de las demandas ejecutivas en comparación con las personas sanas. En un meta-análisis de los estudios de imagen funcional durante el desempeño de tareas relacionadas con las funciones ejecutivas, Minzenberg, Laird, Thelen, Carter, & Glahn. (2009), refirieron que los pacientes con esquizofrenia mostraron una deficiencia en la actividad de la corteza prefrontal

dorsolateral, el cíngulo anterior y el tálamo mediodorsal. También, durante la ejecución de la prueba de Stroop, se reportó una reducción en la activación del cíngulo anterior en estos pacientes que correlaciona con una pobre inhibición y habilidad para cambiar de estrategia (Yücel et al., 2002).

Con relación a las diferencias sexuales en la anatomía cerebral en los pacientes con esquizofrenia, se han encontrado mayores alteraciones morfológicas en los hombres que en las mujeres (Lewine, Gulley, Risch, Jewart & Houpt, 1990, McGlashan & Bardenstein, 1990, Cernovsky, Landmark & O'Reilly, 1997). Entre ellas, se ha observado una mayor reducción del lóbulo temporal, el hipocampo y la amígdala en los hombres asociada con dificultades cognitivas (Gur, Gunning-Dixon, Bilker & Gur, 2002; Narr et al., 2004; Szeszko et al., 2002). La disminución en la actividad de los lóbulos frontales y el giro del cíngulo anterior es mayor en hombres que en mujeres con esquizofrenia, lo cual se ha relacionado con una pobre ejecución en tareas de funcionamiento ejecutivo (Szeszko et al., 2000).

Las diferencias sexuales encontradas en la esquizofrenia a nivel clínico, anatómico, funcional y conductual se han atribuido en parte, a las hormonas sexuales. Por ejemplo, se ha descrito que los niveles de estrógeno y la edad están asociados

con el bajo puntaje de síntomas positivos en las mujeres y una ejecución alterada del procesamiento de la información en los hombres (Fucetola et al., 2000; Goldstein, 2006; Halari et al., 2004). Algunos estudios sugieren, que la mejor evolución clínica y el desempeño más alto en tareas ejecutivas observados en las mujeres se debe por lo menos en parte, al efecto neuroprotector de los estrógenos (Halari et al., 2004; Meltzer et al., 1997; Rao & Kölsch, 2003), de ahí que se puede observar una exacerbación de los síntomas en algunas fases del ciclo menstrual (Seeman, 2012). También han encontrado que un bajo nivel de estradiol en el ciclo menstrual está asociado con una reducción en el nivel de atención en una la ejecución de la prueba de Stroop (Hatta & Nagaya, 2009).

De acuerdo a lo descrito anteriormente, el propósito del presente trabajo fue el identificar las diferencias sexuales en las funciones ejecutivas en pacientes con esquizofrenia de inicio reciente, controlando las etapas del ciclo menstrual en las mujeres. Serían de esperarse alteraciones en el funcionamiento ejecutivo en los pacientes con esquizofrenia con respecto a sus pares sanos, así como diferencias sexuales en dicho funcionamiento en los pacientes, beneficiando a las mujeres en relación con los hombres.

Método

Participantes

Participaron 38 pacientes, 20 mujeres (MEZ) y 18 hombres (HEZ) y 38 controles sanos, 20 mujeres (MCO) y 18 hombres (HCO), pareados por sexo, edad (18-45 años) y escolaridad (mínimo de 9 años). Se excluyeron los pacientes que hubieran sido sometidos a terapia electroconvulsiva en los últimos 6 meses o presentaran comorbilidad psiquiátrica. Todos los sujetos eran diestros de acuerdo a la prueba de lateralidad de Annett (1967) y no presentaban antecedentes de desórdenes neurológicos o adicciones. Además, se consideró la fase del ciclo menstrual en la programación de las evaluaciones de tal manera que, las mujeres estuvieran distribuidas equitativamente en las diferentes fases del ciclo para evitar los efectos hormonales en la ejecución de las tareas.

Todos los pacientes tenían un inicio reciente (1 a 2 años) de la enfermedad y subtipo paranoide y fueron evaluados clínicamente por un psiquiatra experimentado, considerando su historia clínica y los criterios del DSM-IV (Asociación Psiquiátrica Americana, 1995). Se les aplicaron la Escala de Evaluación Breve (BPRS, Overall, 1962) y la Escala de Síntomas Positivos y

Negativos (PANSS, Kay, Opler & Fiszbein, 1987). Las características sociodemográficas y clínicas de los participantes se describen detalladamente en otro estudio (Ramos-Loyo et al., 2012). Los pacientes esquizofrénicos fueron captados del Centro Comunitario de Salud Mental, del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Guadalajara, México. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética del IMSS y del Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara y fue conducido de acuerdo al Código de Ética de la Asociación Médica Mundial (Declaración de Helsinki). Además, todos los sujetos firmaron una carta de consentimiento informado.

Procedimiento

Los pacientes fueron reclutados a su ingreso al Centro Comunitario de Salud Mental en un estado agudo de la enfermedad. Fueron evaluados psicopatológicamente en dos sesiones, a su ingreso y después de un promedio de 15 días, en etapa de remisión ya bajo tratamiento farmacológico. En esta segunda sesión se realizó la evaluación neuropsicológica. Se aplicaron las pruebas de Stroop y la prueba de Cartas de Wisconsin (WCST) de manera contrabalanceada, tanto a los sujetos controles como a los pacientes en una sola sesión. Los

participantes sanos fueron reclutados de la comunidad abierta.

Prueba de colores y palabras de Stroop (Stroop, 1935). Esta prueba evalúa la capacidad de sujeto para inhibir la tendencia automática y responder de manera controlada; esto es, la resistencia a la interferencia de estímulos irrelevantes y la flexibilidad cognitiva. Se aplicaron 4 tareas apoyadas en 3 láminas, cada una de ellas con 100 elementos distribuidos en 5 columnas de 20 elementos. La primera lámina está conformada por 100 elementos iguales ("XXXX") impresos en tinta azul, verde o roja. La segunda lámina consiste en 100 palabras "ROJO", "VERDE" y "AZUL" ordenadas al azar, impresas en tinta negra y la tercera lámina consiste en las 100 palabras de la segunda lámina impresas en color rojo, verde y azul, con la particularidad de que el color de la tinta no coincide en ningún caso, con el significado de la palabra. Inicialmente, se pidió al participante que dijera el color de los elementos de la lámina 1 (color congruente). Después, se le instruyó que leyera en voz alta las palabras escritas en tinta negra de la lámina 2 (palabra congruente). Posteriormente, se pidió al participante que leyera las palabras en la lámina 3 (palabra incongruente) y finalmente, que ignorara las palabras y nombrara el color en que estaba impresa cada palabra en la misma lámina 3 (color incongruente). Se registró el número de palabras

denominadas en 45 segundos para cada una de las cuatro tareas. Se utilizaron los criterios de Golden (1978) para su aplicación y calificación.

Prueba de Clasificación de Cartas de Wisconsin (WCST) (Heaton, Chelune, Talley, Kay & Curtiss, 2001). (Versión computarizada). Esta prueba fue desarrollada para evaluar el razonamiento abstracto y la habilidad para cambiar de estrategias cognitivas como respuesta a eventuales modificaciones del ambiente. Ha sido considerada como una medida de la función ejecutiva que requiere de la habilidad para desarrollar y mantener las estrategias de solución de problemas que resultan adecuadas para conseguir un objetivo, a través de condiciones que implican cambios de estímulos. El WCST requiere estrategias de planificación, indagaciones organizadas, utilización de retroalimentación ambiental para cambiar esquemas, orientación de la conducta hacia el logro de un objetivo y modulación de las respuestas impulsivas. Es una prueba efectiva para evaluar las funciones del lóbulo frontal (Heaton et al., 2001).

Esta prueba consta de 4 tarjetas presentes durante toda la prueba y 128 tarjetas estímulo que contienen figuras de cuatro formas (cruz, círculo, triángulo o estrella), colores (rojo, azul, amarillo o verde) y cuatro diferentes cantidades de figuras (una,

dos, tres o cuatro). El participante debe clasificar cada una de las tarjetas estímulo según alguna categoría: forma, color o número de figuras. Ante la clasificación de cada tarjeta estímulo, el participante recibe una retroalimentación visual y auditiva sobre su desempeño (correcto o incorrecto) y debe inferir y acertar en el criterio de clasificación de 10 tarjetas en una misma categoría (color, forma y número) en un máximo de 128 estímulos presentados a lo largo de la prueba. Después que el participante ha completado la primera categoría, sin previo aviso se cambia el criterio de clasificación de las tarjetas y debe inferir el segundo criterio de clasificación hasta acertar en la clasificación de 10 tarjetas de manera consecutiva, después de lo cual se vuelve a cambiar el criterio de clasificación. Así continúa la tarea hasta completar 6 categorías o hasta que se agoten las 128 tarjetas estímulo. El participante se sentó a una distancia de 60 cm de una computadora mientras aparecían los estímulos. Se utilizaron los criterios de Heaton et al. (2001) para su aplicación y calificación.

Análisis estadístico

Se aplicaron Análisis de Varianza de 2 factores para grupos independientes para evaluar las diferencias entre los grupos (CO) y con esquizofrenia (EZ) y entre sexos, en los datos socio-demográficos y de funcionamiento ejecutivo. Para

evaluar la ejecución en el WCST se consideraron el porcentaje de estímulos presentados, de respuestas correctas, respuestas conceptuales, respuestas perseverativas, errores perseverativos y no perseverativos y el tiempo de ejecución) y; en la prueba de Stroop, el número de estímulos denominados en 45 segundos para cada una de las cuatro tareas. Se aplicaron pruebas a posteriori de Tukey para los datos que resultaron significativos y se tomó como nivel de significancia una $p < .05$.

En el caso de los datos del WCST, que no cumplían el criterio de distribución normal (número de intentos para completar la primer categoría, número de categorías completadas, número de fallas para mantener la categoría) se aplicaron las pruebas de Kruskal Wallis y U de Mann Whitney.

Resultados

Sintomatología

El análisis de los datos socio-demográficos mostró que las mujeres con esquizofrenia (MEZ) fueron entre 8 y 10 años ($p < 0.01$) mayores que los hombres con esquizofrenia (HEZ) al momento de su primer ingreso hospitalario; de hecho no se presentaron en el hospital mujeres jóvenes que cumplieran los criterios de inclusión en el tiempo que duró el estudio. En la variable escolaridad no

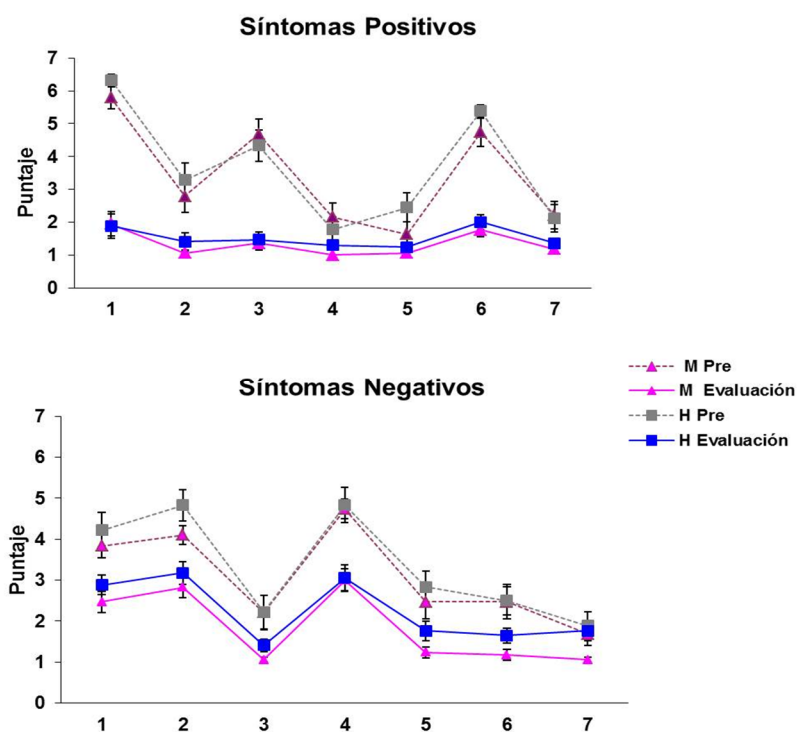
se observaron diferencias entre MEZ y HEZ ni entre grupos CO y EZ.

Las comparaciones entre HEZ y MEZ con esquizofrenia no arrojaron diferencias en la duración del padecimiento, el número de hospitalizaciones, ni en el tipo de psicofármacos; todos estaban tomando antipsicóticos atípicos (10 mg/día de olanzapina, i.e. 200 equivalentes de clorpromazina), a excepción de 2 hombres y 2 mujeres que tomaban típicos (15 mg/día de haloperidol, i.e. 250 equivalentes de clorpromazina).

Tampoco se observaron diferencias significativas en la primera evaluación clínica, al ingreso hospitalario en los puntajes de la escala de PANSS y la escala de BPRS ni en la segunda

evaluación en la sintomatología positiva, pero sí en los puntajes de la subescala de síntomas negativos, en donde el grupo de HEZ obtienen mayor puntaje que el grupo de las MEZ ($p < .05$).

Figura 1. Media y error estándar de los puntajes en el PANSS en etapa aguda (PRE) y en el momento de la evaluación neuropsicológica (evaluación) en hombres (H) y mujeres (M) con esquizofrenia. Síntomas positivos: 1) Delirios, 2) Desorganización conceptual, 3) Conducta alucinatoria, 4) Excitación, 5) Grandiosidad, 6) Suspiciencia/ Persecución y 7) Hostilidad. Síntomas negativos: 1) Afecto adormecido, 2) Retirada emocional, 3) Disminución de la empatía, 4) Retirada social apática pasiva, 5) Dificultad para pensar en abstracto, 6) Dificultad para diálogo fluido y 7) Pensamiento estereotipado.

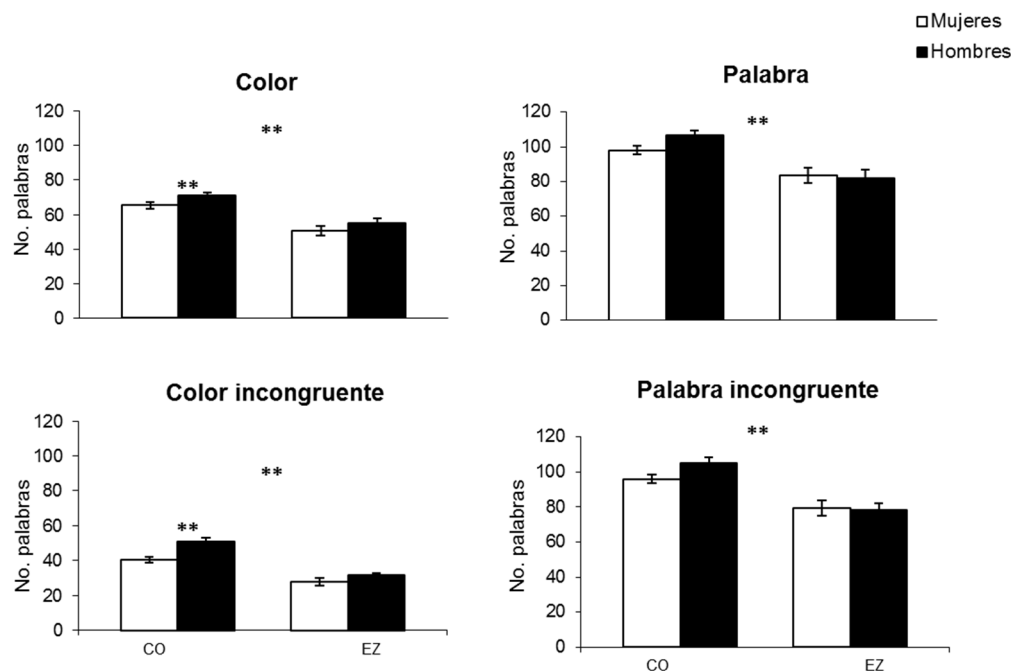


Prueba de Stroop

Como puede observarse en la Figura 2, el grupo EZ denominó menor número de estímulos en color congruente ($F_{(1,72)}=40.11, p<.0001$) e incongruente ($F_{(1,72)}=66.34, p<.0001$) y leyeron menor número de palabras congruentes ($F_{(1,72)}=29.30, p<.0001$) e incongruentes ($F_{(1,72)}=40.35, p<.0001$). Además, se observaron diferencias sexuales en el grupo CO. El grupo MCO denominó menor número de estímulos comparado con el grupo HCO en las condiciones de

color congruente ($U=113, p<.05$) e incongruente ($U=67, p<.001$). No hubo diferencias en la lectura de palabras congruentes e incongruentes. No hubo diferencias sexuales en el grupo EZ.

Figura 2. Medias y errores estándar de los puntajes obtenidos en los grupos control (CO) y de pacientes con esquizofrenia (EZ), hombres y mujeres, en la Prueba de Stroop.



WCST

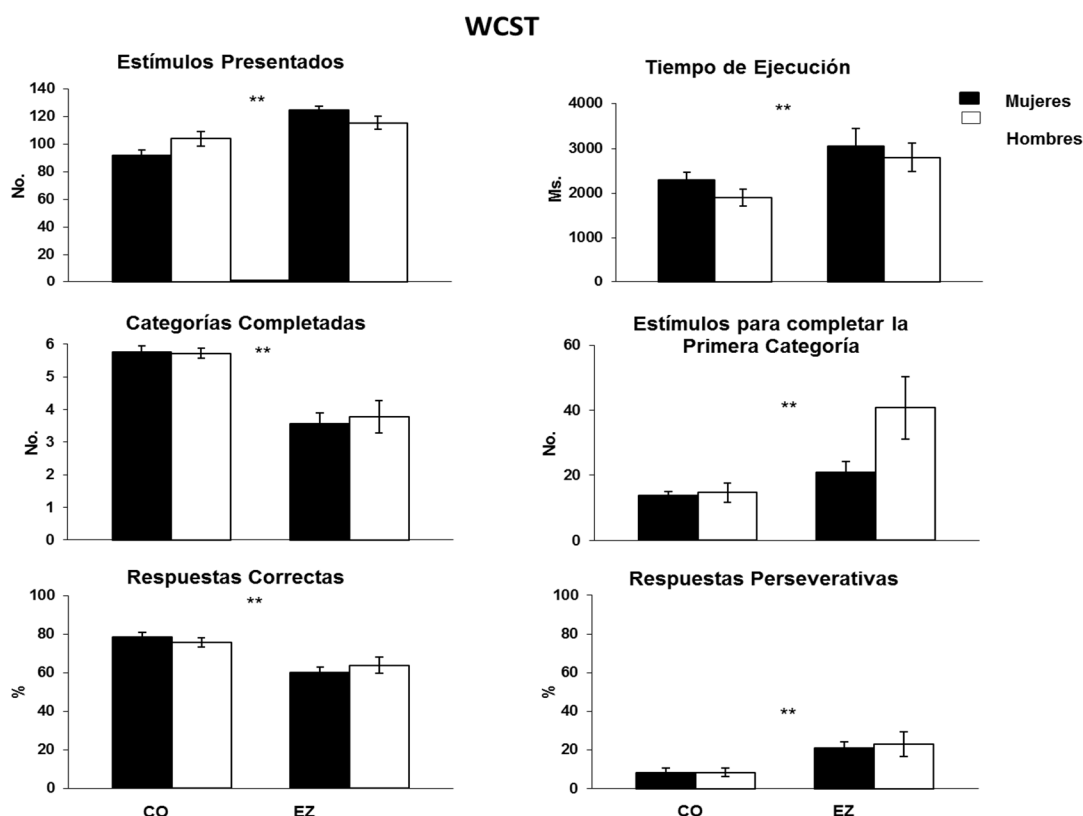
El grupo EZ mostró un desempeño más bajo que el CO en todas las dimensiones evaluadas: número de estímulos presentados a los sujetos para completar la tarea ($F_{(1,72)}=28.38, p<.0001$), categorías completadas

($F_{(1,72)}=41.42, p<.0001$), ensayos necesarios para completar la primera categoría ($F_{(1,72)}=10.78, p<.002$), así como el porcentaje de respuestas conceptuales ($F_{(1,72)}=30.21, p<.0001$), respuestas correctas ($F_{(1,72)}=24.52, p<.0001$), respuestas

perseverativas ($F_{(1,72)}=12.30$, $p<.001$), errores perseverativos ($F_{(1,72)}=17.05$, $p<.0003$) y errores no perseverativos ($F_{(1,72)}=5.42$, $p<.02$); también se evaluó el tiempo de ejecución total ($F_{(1,72)}=8.44$, $p<.005$), y de respuestas correctas ($F_{(1,72)}=9.64$, $p<.003$) y en las fallas para mantener la categoría ($F_{(1,72)}=5.46$, $p<.02$). (Figura 3). Al comparar los grupos HEZ y MEZ, se observaron diferencias sexuales ya que el grupo de hombres requiere

una mayor cantidad de tarjetas estímulo para completar la primera categoría que el de las mujeres ($F_{(1,72)}=4.13$, $p<.04$). No se observaron interacciones entre grupos y sexos.

Figura 3. Medias y errores estándar de los puntajes obtenidos en los grupos control (CO) y de pacientes con esquizofrenia (EZ), hombres y mujeres, en la Prueba de Cartas de Wisconsin.



Discusión

En concordancia con trabajos previos, en el presente estudio observamos que el grupo de pacientes con esquizofrenia muestra dificultades en el funcionamiento ejecutivo al compararlos con personas sanas. En cuanto a las diferencias sexuales, las mujeres sanas presentaron mayores problemas para el control de la interferencia en la prueba de Stroop que los hombres. Además, las mujeres con esquizofrenia deduciendo más rápidamente las estrategias para realizar la primera categoría del WCST que los hombres.

En la prueba WCST, la diferencia entre los grupos control y esquizofrenia fue consistente en todas las variables evaluadas, en donde el grupo EZ requirió mayor cantidad de ensayos para completar la tarea, presentó menor número de categorías completadas, menor porcentaje de respuestas conceptuales y respuestas correctas, mayor porcentaje de respuestas perseverativas y mayor tiempo de ejecución que los controles.

Existen varios estudios que reportan hallazgos similares (Bornstein et al., 1990; Gur, Gunning-Dixon, Bilker & Gur, 2002; Paradiso et al., 2003; Selemon et al., 2002; Simon, Glacomini, Ferrero & Mohr, 2003; Zihl et al., 1998), reflejando alteraciones

en las funciones ejecutivas en los pacientes con esquizofrenia. Entre las funciones ejecutivas que evalúa el WCST están la flexibilidad cognitiva, el razonamiento conceptual, la respuesta inhibitoria y la búsqueda y planeación dirigida a una meta. En particular, la flexibilidad cognitiva se refiere a la habilidad para organizar y reestructurar el conocimiento basado en una evaluación de las demandas externas. La conducta perseverativa es una medida de la disfunción en la flexibilidad mental, en donde, a pesar de que la retroalimentación le indica a la persona que su respuesta ya no es adecuada y requiere de un cambio, permanece repitiéndola una y otra vez. Estas alteraciones han sido consistentemente reportadas en estudios sobre esquizofrenia (Lysaker, Bell, Bryson & Kaplan, 1998; Palmer & Heaton, 2000; Perry & Braff, 1998; Sullivan, Mathalon, Kelvin, Marsh & Pfefferbaum 1998).

Nuestros resultados apoyan la idea de que ésta es una disfunción que aparece de manera temprana en este padecimiento, ya que nuestros pacientes tenían un inicio reciente. De manera semejante, otros autores han encontrado disfunciones ejecutivas en los pacientes con esquizofrenia desde el primer brote de la enfermedad (Hoff, Svetina, Shields, Stewart & DeLisi, 2005). Incluso, existen trabajos que indican que los déficits en el funcionamiento ejecutivo aparecen en el desorden esquizoafectivo (Szoke et al., 2009) o

en parientes cercanos de los pacientes sin el diagnóstico de esquizofrenia (Ma et al., 2007), lo que pudiera representar una característica premórbida de los pacientes.

Las dificultades encontradas en la ejecución de la prueba de Stroop en los pacientes con esquizofrenia concuerdan con los reportados por Golden (1978), las cuáles reflejan problemas para inhibir estímulos irrelevantes y controlar el efecto de la interferencia.

Por otra parte, se ha descrito que los medicamentos antipsicóticos pueden tener efectos, ya sean positivos o negativos, dependiendo de si son típicos o atípicos sobre el funcionamiento cognitivo. En este estudio, la mayoría de los pacientes estaban medicados con antipsicóticos atípicos y se ha encontrado que, particularmente la olanzapina podría afectar de manera positiva algunas funciones cognitivas (Cuesta, Peralta & Zarzuela, 2001; Müller, Werheid, Hammerstein, Jungmann & Becker, 2005); no obstante, el funcionamiento ejecutivo se vio afectado en el grupo EZ, aun cuando la mayoría de los pacientes estaban medicados con olanzapina. A pesar de que los efectos sobre los síntomas positivos y negativos fueron evidentes dentro de las 2 primeras semanas de estar ingiriendo los medicamentos, es posible que el efecto sobre el funcionamiento ejecutivo no se haya observado debido a que se requiriera

mayor tiempo, ya que Keefe et al. (2006) mostraron que después de alrededor de 12 semanas de tratamiento farmacológico con olanzapina, es cuando se observa una mejora neurocognitiva en pacientes con esquizofrenia.

En numerosos estudios se ha propuesto una relación entre los problemas en el funcionamiento ejecutivo en los pacientes con esquizofrenia y las alteraciones anatómicas y funcionales de la corteza prefrontal dorsolateral principalmente, aunque hay otras estructuras que también se encuentran implicadas en los problemas ejecutivos como son el cíngulo anterior, el estriado y el lóbulo temporal (Bilder et al., 1995; Stratta et al., 1997; Weibenger, Berman, Suddath & Torrey, 1992).

En el presente estudio, las diferencias sexuales fueron pocas tanto a nivel psicopatológico como en la ejecución de tareas cognitivas. En cuanto a la sintomatología, no se observaron diferencias entre hombres y mujeres con esquizofrenia al ser evaluados a su ingreso hospitalario en estado agudo. Después de alrededor de 15 días, en el momento de la evaluación, los pacientes se encontraban en etapa de remisión y se observaron diferencias únicamente en la sintomatología negativa, siendo ésta mayor en los hombres. Estos resultados parcialmente concuerdan con otros en los que se ha

encontrado mayor sintomatología en hombres que en mujeres (Cernovsky et al., 1997). El hecho de que haya habido pocas diferencias entre hombres y mujeres en este estudio puede deberse a que los pacientes eran de inicio reciente, por lo que no se observó el efecto de un deterioro severo producto de la enfermedad, como se ha descrito en otros trabajos (Zhang et al., 2012).

En el grupo EZ se observaron diferencias sexuales en el número de ensayos necesarios para completar la primera categoría, en donde las mujeres muestran mayor habilidad para beneficiarse de la retroalimentación y deducir el criterio de clasificación; lo anterior sugiere que el inicio del trastorno a edad temprana en los hombres podría tener mayor efecto que el inicio tardío en las mujeres, como lo señalan otros autores (Halari et al., 2004). En general, un inicio temprano de la esquizofrenia se asocia a un curso más severo (Joyce, 2005). En otros estudios se ha encontrado que las mujeres tienen una mejor ejecución y menor tiempo de ejecución que los hombres, especialmente en tareas que involucran un procesamiento verbal (Allen, Goldstein & Weiner, 2001; Goldstein et al., 1998, Kremen et al., 1997; Narr et al., 2004; Szeszko et al., 2000, 2002). Otros autores no han encontrado diferencias entre los sexos en el funcionamiento ejecutivo en pacientes con esquizofrenia (Hoff et

al., 1998). Sería conveniente realizar un estudio longitudinal para ver si el curso en el deterioro cognitivo se da de la misma manera en hombres y mujeres con esquizofrenia, así como los efectos diferenciales del medicamento a largo plazo. Con relación a esto último, se han observado algunas diferencias entre hombres y mujeres en relación a los efectos de distintos tipos de fármacos antipsicóticos, por ejemplo, se ha observado una mejoría más evidente en las mujeres que en los hombres tratados con olanzapina, risperidona y clozapina (Abel et al., 2010; para una revisión).

Por otra parte, en relación con las diferencias sexuales en la prueba de Stroop, se observaron diferencias entre hombres y mujeres únicamente en el grupo control, encontrándose que las mujeres presentaron un menor control de la interferencia de estímulos irrelevantes que los hombres. Estos resultados se contraponen a los encontrados en otros estudios (Izawa & Silver, 1988; Longenecker, Dickinson, Weinberger & Elvevåg, 2010; Mekarski, Cutmore & Suboski, 1996) en los que se ha encontrado que los hombres muestran un procesamiento cognitivo más lento que las mujeres, aunque sin diferencias en el control inhibitorio tal cual. Por su parte, Jorgenson, Davis, Opella y Angerstein (1981) refieren que las mujeres tuvieron menor latencia para la denominación del color, mientras que los hombres

para la lectura de las palabras. Otros autores no han encontrado diferencias sexuales en esta prueba (Houx, Jolles & Vreeling, 1993). En este tipo de pruebas es importante considerar la edad de los sujetos, debido a que se ha descrito que a mayor edad, se presenta un enlentecimiento que afecta la denominación del color y la lectura de las palabras (Uttl & Graf, 1997) y en general, mayores dificultades cognitivas (Pandina, Bilder, Turkoz & Alphas, 2013). En este sentido, en el presente estudio las mujeres tuvieron un promedio de 8 años más que los hombres, lo que pudiera estar relacionado al mejor desempeño de los últimos en esta tarea.

Es importante hacer notar que, también en el WCST se observó la misma tendencia a que las mujeres control tuvieran mayor tiempo de ejecución que los hombres. Esto refleja un enlentecimiento global de las funciones cognitivas debidas probablemente, a una mayor edad en las mujeres. También es posible que el hecho de que las diferencias sexuales en el tiempo de ejecución no se presentaran en los pacientes, pudiera estar indicando un mayor deterioro en el caso de los hombres con esquizofrenia, ya que ellos mostraron una tendencia a tener mayores diferencias en relación a sus controles sanos que las mujeres. Es posible que el hecho de no haber encontrado diferencias sexuales en la prueba de Stroop ni en la mayoría de

los parámetros evaluados en el WCST se relacione con el hecho de que no hubo diferencias en la psicopatología, al menos positiva, ni en la dosis de medicamentos.

Por otra parte, algunos autores han propuesto que las alteraciones en el funcionamiento ejecutivo se encuentran relacionadas con un pobre funcionamiento social y ocupacional en los pacientes con esquizofrenia e incluso que el funcionamiento cognitivo en los primeros estadios de la enfermedad puede predecir el funcionamiento social posterior (Green et al., 2004; Vaskinn, Sunder, Simonsen, Helvin & Andreassen, 2011; Yen et al., 2009), lo cual hace relevante su estudio en los pacientes con esquizofrenia con el objeto de definir posibles tratamientos, tanto farmacológicos como de rehabilitación neuropsicológica.

En suma, nuestros datos son consistentes con la idea de que existe una alteración en el funcionamiento ejecutivo en la esquizofrenia, aún en los pacientes de inicio reciente, tanto hombres como mujeres. Los hombres sanos muestran un mayor control inhibitorio de la interferencia que las mujeres. Las mujeres con esquizofrenia muestran una comprensión más rápida de la estrategia para ejecutar la prueba del WCST, en base a la retroalimentación. Es fundamental considerar las diferencias sexuales

en la implementación de las estrategias terapéuticas, tanto farmacológicas como de rehabilitación neuropsicológica.

Referencias

Abbruzzese, M., Ferri, S., & Scarone, S. (1996). Performance on the Wisconsin Card Sorting Test in schizophrenia: Perseveration in clinical subtypes. *Psychiatry Research*, 64, 1, 27-33.

Abel, K. M., Drake, R., & Goldstein, J. M. (2010). Sex differences in schizophrenia. *International Review of Psychiatry*, 22, 5, 417-428.

Abu-Akel, A., & Bo, S. (2013). Superior mentalizing abilities of female patients with schizophrenia. *Psychiatry Research*, 210(3): 794-799.

Allen, D. N., Goldstein, G., & Weiner, C. (2001). Differential neuropsychological patterns of frontal- and temporal-lobe dysfunction in patients with schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 48, 7-15.

Annett, M. (1967). The binomial distribution of right mixed and left handedness. *Quarter Journal of Experimental Psychology*, 61, 303-321.

Asociación Psiquiátrica Americana. *Manual diagnóstico y estadístico de*

los trastornos mentales DSM-IV. (1995). Barcelona: Masson.

Ayesa-Arriola, R., Rodriguez-Sanchez, J. M., Gomez-Ruiz, E., Roiz-Santiañez, R., Reeves, LL., et al. (2014). Progress in neuropsychopharmacology. *Biological Psychiatry*, 3, 48, 149-154.

Berman, I., Viegner, B., Merson, A., Allan, E., Pappas, D., & Green, A. I. (1997). Differential relationships between positive and negative symptoms and neuropsychological deficits in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 25, 1, 1-10.

Bilder, R. M., Bogerts, B., Ashtari, M., Wu, H., Alvir, J. M., Jody, D., et al. (1995). Anterior hippocampal volume reductions predict frontal lobe dysfunction in first episode schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 17(1):47-58.

Bornstein, R. A., Nasrallah, H. A., Olson, S. C., Coffman, J. A., Torello, M., & Schwarzkopf, S. B. (1990). Neuropsychological deficit in schizophrenic subtypes: paranoid, nonparanoid, and schizoaffective subgroups. *Psychiatry Research*, 31, 1, 15-24.

Brébion, G., Villalta-Gil, V., Autonell, J., Cervilla, J., Dolz, M., Foix, A., et al. (2013). Cognitive correlates of verbal memory and verbal fluency in schizophrenia, and differential effects of various clinical symptoms between

male and female patients. *Schizophrenia Research*, 147, 1, 81-85.

Bryant, N. L., Buchanan, R. W., Vadar, K., Breier, A., & Rothman, M. (1999). Gender differences in temporal lobe structures of patients with schizophrenia: a volumetric MRI study. *The American Journal of Psychiatry*, 156, 4, 603-609.

Cernovsky, Z. Z., Landmark, L. A., & O'Reilly, R. L. (1997). Symptom patterns in schizophrenia for men and women. *Psychological Reports*, 80(3pt2), 1267-1271.

Choi, J. S., Chon, M. W., Kang, D. H., Myung H. J., & Jun, S. K. (2009). Gender differences in the prodromal symptoms of first-episode schizophrenia. *Journal Korean Medical Science*, 24, 1083-1088.

Cuesta, M. J., Peralta, V., & Zarzuela, A. (2001). Effects of olanzapine and other antipsychotics on cognitive function in chronic schizophrenia: a longitudinal study. *Schizophrenia Research*, 48, 17-28.

Ford, J. M., Gray, M., Whitfield, S. L., Turken, U., Glover, G., Faustman, W. O., et al. (2004). Acquiring and inhibiting prepotent responses in schizophrenia. Event-related brain potentials and functional magnetic resonance imaging. *Archives of General Psychiatry*, 61, 119-129.

Fucetola, R., Seidman, L. J., Kremen, W. S., Faraone, S., Goldstein, J. M., & Tsuang, M. T. (2000). Age and neuropsychologic function in schizophrenia: a decline in executive abilities beyond that observed in healthy volunteers. *Biological Psychiatry*, 482, 137-146.

Goghari, V. M., Macdonald, A. W. III., & Sponheim, S. R. (2014). Relationship between prefrontal gray matter volumes and working memory performance in schizophrenia: A family study. *Schizophrenia Research*, in press.

Golden, C. J. (1978). *The Stroop Color and Word Test: A manual for clinical and experimental uses*. Chicago, IL: Stoelting.

Goldstein, J. M. (2006). Sex, hormones and affective arousal circuitry dysfunction in schizophrenia. *Hormones and Behavior*, 50, 612-622.

Goldstein, J. M., Seidman, L. J., Goodman, J. M., Koren, D., Lee, H., Weintraub, S., et al. (1998). Are there sex differences in neuropsychological functions among patients with schizophrenia? *The American Journal of Psychiatry*, 155, 10, 1358-1364.

Green, M. F., Nurchterlein, K. H., Gold, J. M., Barch, D. M., Cohen, J., Essock, S., et al. (2004). Approaching a consensus cognitive battery for clinical trials in schizophrenia: the

NIMH-MATRICES conference to select cognitive domains and test criteria. *Biological Psychiatry*, 56(5): 301-307.

Gruzelier, J. H. (1994). Syndromes of schizophrenia and schizotypy, hemispheric imbalance and sex differences: implications for developmental psychopathology. *International Journal of psychophysiology*, 18(3): 167-178.

Gur, R. C., Gunning-Dixon, F., Bilker, W. B., & Gur, R. E. (2002). Sex differences in temporo-limbic and frontal brain volumes of healthy adults. *Cerebral Cortex*, 12, 9, 998-1003.

Häfner, H. (2003). Gender differences in schizophrenia. *Psychoneuroendocrinology*, 2, 17-54.

Häfner, H., Maurer K., Löffler W., & Riecher-Rössler, A., (1993). The influence of age and sex on the onset and early course of schizophrenia. *British Journal of Psychiatry*, 162, 80-86.

Halari, R., Kumari, V., Mehrotra, R., Wheeler, M., Hines, M., & Sharma, T. (2004). The relationship of sex hormones and cortisol with cognitive functioning in schizophrenia. *Journal of Psychopharmacology*, 18, 3, 366-374.

Hatta, T., & Nagaya, K. (2009). Menstrual cycle phase effects on memory and Stroop task

performance. *Archives of Sexual Behavior*, 38, 5, 821-827.

Haut, M. V., Cahill, J., Cutlip, W. D., Stevenson, J. M., Makela, E. H., & Bloomfield, S. M., (1996). On the nature of Wisconsin Card Sorting Test performance in schizophrenia. *Psychiatry Research*, 65, 1, 15-22.

Heaton, R. K., Chelune, G. J., Talley, J. L., Kay, G. G., & Curtiss, G. (2001). *Test de Clasificación de Tarjetas de Wisconsin*. Madrid, TEA Ediciones 2da. ed.

Hoff, A. L., Wieneke, M., Faustman, W. O., Horon, R., Sakuma, M., Blankfeld, H., et al. (1998). Sex differences in neuropsychological functioning of first-episode and chronically ill schizophrenic patients. *The American Journal Psychiatry*, 155, 1437-1439.

Hoff, A. L., Svetina, C., Shields, G., Stewart, J., & DeLisi, L. E. (2005). Ten year longitudinal study of neuropsychological functioning subsequent to a first episode of schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 78, 1, 27-34.

Houx, P. J., Jolles, J., & Vreeling, F. W. (1993). Stroop interference: aging effects assessed with the Stroop Color-Word Test. *Experimental Aging Research*, 19, 3, 209-224.

Izawa, C., & Silver, N. C. (1988). Response variations to Stroop color-

word stimuli. *Genetic, Social, and General Psychology Monographs*, 114, 2, 211-255.

Jorgenson, C. B., Davis, J., Opella, J., & Angerstein, G. (1981). Hemispheric asymmetry in the processing of Stroop stimuli: an examination of age and gender differences. *International Journal of Neuroscience*, 13, 2-3, 113-116.

Joyce, E. (2005). Origins of cognitive dysfunction in schizophrenia: clues from age at onset. *British Journal of Psychiatry*, 186, 93-95.

Kao, Y. C., Liu, Y. P., Lien, Y. J., Lin, S. J., Lu, C. W., Wang, T. S., et al. (2013). The influence of sex on cognitive insight and neurocognitive functioning in schizophrenia. *Progress Neuropsychopharmacology and Biological Psychiatry*, 44, 193-200.

Kay, S. R., Opler, L. A., & Fiszbein, A. (1987). The positive and negative syndrome scale (PANSS) for schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 13, 261-276.

Keefe, R. S., Young, C. A., Rock, S. L., Purdon, S. E., Gold, J. M., Breier, A., et al. (2006). One year double-blind study of the neurocognitive efficacy of olanzapine, risperidone, and haloperidol in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 81, 1, 1-15.

Kremen, W. S., Goldstein, J. M., Seidman, L. J., Toomey, R., Lyons,

M. J., Tsuang, M. T., et al. (1997). Sex differences in neuropsychological function in non-psychotic relatives of schizophrenic probands. *Psychiatry Research*, 66(2-3), 131-44.

Lewine, R. R., Gulley, L. R., Risch, S. C., Jewart, R., & Houpt, J. L. (1990). Sexual dimorphism, brain morphology, and schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 16, 195-203.

Longenecker, J., Dickinson, D., Weinberger, D. R., & ELEVAG, B. (2010). Cognitive differences between men and women: a comparison of patients with schizophrenia and healthy volunteers. *Schizophrenia Research*, 120, 1-3, 234-235.

Lysaker, P. H., Bell, M. D., Bryson, G., & Kaplan, E. (1998). Neurocognitive function and insight in schizophrenia: support for an association with impairments in executive function but not with impairments in global function. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 97, 4, 297-301.

Ma, X., Wang, Q., Sham, P. C., Liu, X., Rabe-Hesketh, S., Sun, X., et al. (2007). Neurocognitive deficits in first-episode schizophrenic patients and their first-degree relatives. *The American Journal of Medical Genetics Part B: Neuropsychiatric Genetics*, 144B, 4, 407-416.

MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop

effect: An integrative review. *Psychological Bulletin*, 109, 2, 163-203.

McGlashan, T. H., & Bardenstein, K. K. (1990). Gender differences in affective, schizoaffective, and schizophrenic disorders. *Schizophrenia Bulletin*, 16(2), 319-29.

Mekarski, J. E., Cutmore, T. R., & Suboski, W. (1996). Gender differences during processing of the Stroop task. *Perceptual and Motor Skills*, 83, 2, 563-568.

Meltzer, H. Y., Rabinowitz J., Myung, A. L. Cola, P. A., Ranjan, R., Findling, R. L., et al. (1997). Age at onset and gender of schizophrenic patients in relation to neuroleptic resistance. *The American Journal of Psychiatry*, 154, 475-482.

Minzenberg, M. J., Laird, A. R., Thelen, S., Carter, C. S., & Glahn, D. C. (2009) Meta-analysis of 41 functional neuroimaging studies of executive function in schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 66, 8, 811-822.

Müller, U., Werheid, K., Hammerstein, E., Jungmann, & S. Becker, T. (2005). Prefrontal cognitive deficits in patients with schizophrenia treated with atypical or conventional antipsychotics. *European Psychiatry*, 20, 1, 70-73.

Narr, K. L., Thompson, P. M., Szeszko, P., Robinson, D., Jang, S., Woods, R. P., et al. (2004). Regional specificity of hippocampal volume reductions in first-episode schizophrenia. *Neuroimage*, 21, 4, 1563-1575.

Organización Mundial de la Salud. *CIE 10. Trastornos mentales y del comportamiento*. (1992). Madrid: Meditor.

Overall, J. E. (1962). Brief Psychiatric Rating Scale. *Psychological Reports*, 10, 799-812.

Palmer, B. W., & Heaton, R. K. (2000). *Executive dysfunction in schizophrenia*. En: Sharma, T.; Harvey, P. (Eds). *Cognition in schizophrenia: Impairments, importance and treatment strategies*. New York: Oxford University Press, pp. 52-72.

Pandina, G., Bilder, R., Turkoz, I., & Alphas. (2013). Identification of clinically meaningful relationships among cognition, functionality, and symptoms in subjects with schizophrenia or schizoaffective disorder. *Schizophrenia Research*, 143, 2-3, 312.

Paradiso, S., Andreasen, N. C., Crespo-Facorro, B., O'Leary, D. S., Watkins, G. L., Boles Ponto, L.L., et al. (2003). Emotions in unmedicated patients with schizophrenia during evaluation with positron emission

tomography. *The American Journal of Psychiatry*, 160, 10, 1775-1783.

Perry, W., & Braff, D. L. (1998). A multimethod approach to assessing perseverations in schizophrenia patients. *Schizophrenia Research*, 33, 69-77.

Pineda, D. A. (2000). La función ejecutiva y sus trastornos. *Revista de Neurología*, 30, 8, 746-768.

Ragland, J. D., Gur, R. C., Glahn, D. C., Censits, D. M., Smith, R. J., Lazarev, M. G., et al. (1998). Frontotemporal cerebral blood flow change during executive and declarative memory tasks in schizophrenia: A positron emission tomography study. *Neuropsychology*, 12, 3, 399-413.

Ramos-Loyo, J., Mora L., Sánchez L., & Medina V. (2012). Sex differences in facial, prosodic and social context emotional recognition in early onset schizophrenia. *Schizophrenia Research and Treatment, special issue Psychosis and Gender*, Article ID 584725, 12 pages.

Ramos-Loyo, J., Medina-Hernández, V., Estarrón-Espinosa, M., Canales-Aguirre, A., Gómez-Pinedo, U., & Cerdán-Sánchez, L. F. (2013). Sex differences in lipid peroxidation and fatty acid levels in recent onset schizophrenia. *Progress in Neuropsychopharmacology and*

Biological Psychiatry Journal, 1, 44, 154-161.

Rao, M. L., & Kölsch, H. (2003). Effects of estrogen on brain development and neuroprotection-implications for negative symptoms in schizophrenia. *Psychoneuroendocrinology*, 28, 83-96.

Reichenberg, A., & Harvey, P. D. (2007). Neuropsychological impairments in schizophrenia: Integration of performance-based and brain imaging findings. *Psychological Bulletin*, 133, 5, 833-858.

Roberts, A. C. Robbins, T. W., & Weiskrantz, L. (1998). *The Prefrontal Cortex. Executive and Cognitive Functions*. Oxford University Press.

Robinson, A. L., Heaton, R. K., Lehman, R. A. W., & Stilson, D. W. (1980). The utility of Wisconsin Card Sorting Test in detecting and localizing frontal lobe lesions. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*. 48, 605-614.

Seeman, M. V. (2012). Menstrual exacerbation of schizophrenia symptoms. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 125, 5, 363-371.

Seidman, L. J., Van Manen, K. J., Turner, W. M., Gamser, D. M., Faraone, S. V., Goldstein, J. M., et al. (1998). The effects of increasing resource demand on

vigilance performance in adults with schizophrenia or developmental attentional/learning disorders: a preliminary study. *Schizophrenia Research*, 34, 1-2, 101-112.

Selemon, L. D., Kleinman, J. L., Herman, M. M., & Goldman-Rakic, P. S. (2002). Smaller frontal gray matter volume in postmortem schizophrenic brains. *The American Journal of Psychiatry*, 159, 1983-1991.

Simon, A. E., Glacomini, V., Ferrero, F., & Mohr, S. (2003). Is executive function associated with symptom severity in schizophrenia? *European Archives of Psychiatry Clinical Neuroscience*, 253, 4, 216-218.

Stratta, P., Mancini, F., Mattei, P., Daneluzzo, E., Casacchia, M., & Rossi, A. (1997). Association between striatal reduction and poor Wisconsin Card Sorting Test performance in patients with schizophrenia. *Biological Psychiatry*, 42, 816-820.

Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 6, 643-662.

Sullivan, E. V., Mathalon, D. H., Kelvin, O. L., Marsh, L., & Pfefferbaum, A. (1998). Patterns of regional cortical dysmorphology distinguishing schizophrenia in chronic alcoholism. *Social Biological Psychiatry*, 43, 118-131.

Szeszko P. R., Bilder R. M., Lencz, T., Ashtari M., Goldman R. S., Reiter G., et al. (2000). Reduced anterior cingulate gyrus volume correlates with executive dysfunction in men with first-episode schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 16, 43, 2-3, 97-108.

Szeszko, P. R., Strous, R. D., Goldman, R. S., Ashtari, M., Knuth, K. H., Lieberman, J. A., et al. (2002). Neuropsychological correlates of hippocampal volumes in patients experiencing a first episode of schizophrenia. *The American Journal of Psychiatry*, 159, 217-226.

Uttl, B., & Graf, P. (1997). Color-Word Stroop test performance across the adult life span. *Journal of Clinical Experimental Neuropsychology*, 19, 3, 405-420.

Vaskinn, A., Sunder, K., Simonsen, C., Helvin, T., & Andreassen, O. A. (2011). Sex differences in neuropsychological performance and social functioning schizophrenia and bipolar disorder. *Neuropsychology*, 25, 4, 499-510.

Waford, R. N., & Lewine, R. (2010). Is perseveration uniquely characteristic of schizophrenia? *Schizophrenia Research*, 118, 1-3, 128-33.

Weibenger, D. R., Berman, K. F., Suddath, R., & Torrey, E. F. (1992). Evidence of dysfunction of a prefrontal-limbic network in

schizophrenia: a magnetic resonance imaging and regional cerebral blood flow study of discordant monozygotic twins. *The American Journal of Psychiatry*, 149, 7, 890-897.

Yen, C. F., Cheng, C. P., Huang, C. F., Ko, C. H., Yen, J. Y., Chang, Y. P., et al. (2009). Relationship between psychosocial adjustment and executive function in patients with bipolar disorder and schizophrenia in remission: the mediating and moderating effects of insight. *Bipolar Disorders*, 11, 2, 190-197.

Yücel, M., Pantelis C., Stuart, G., Wood, S. J., Maruff, P., Velakoulis, D., et al. (2002). Anterior cingulate activation during Stroop task performance: A PET to MRI coregistration study of individual patients with schizophrenia. *The American Journal of Psychiatry*, 159, 251-254.

Zhang, X. Y., Chen, da C., Xiu, M. H., Yang, F. D., Haile, C. N., Kosten, T. A., et al. (2012). Gender differences in never-medicated first-episode schizophrenia and medicated chronic schizophrenia patients. *Journal of Clinical Psychiatry*, 73, 7, 1025-1033.

Zihl, J., Grön, G., & Brunbauer, A. (1998). Cognitive deficits in schizophrenia and affective disorders: evidence for a final common pathway disorder. *Acta Psychiatrica et Neurologica Scandinavica*, 97, 351-357.

D **Discriminabilidad, recompensa y emociones en la toma de decisiones**

David Herrera & Jorge Cerda

Procesos Básicos en Conducta Animal y Humana. Instituto de Neurociencias, Universidad de Guadalajara. Francisco de Quevedo 180. Col. Arcos Vallarta. C.P. 44130. Guadalajara, Jalisco, México.

Mario Treviño

Plasticidad Cortical y Aprendizaje Perceptual. Instituto de Neurociencias, Universidad de Guadalajara. Francisco de Quevedo 180. Col. Arcos Vallarta. C.P. 44130. Guadalajara, Jalisco, México.

Correspondencia: Dr. Mario Treviño. Instituto de Neurociencias, Universidad de Guadalajara, Francisco de Quevedo 180, Col. Arcos Vallarta, Guadalajara, Jal. MÉXICO. CP 44130. Correo electrónico: mariomtv@hotmail.com

Agradecimientos: Agradecemos al Dr. Rodrigo J. de Marco y a Diana Núñez por sugerencias y contribuciones al manuscrito. A los Dres. Esmeralda Matute Villaseñor y Héctor Martínez por su apoyo constante. D.H. y J.C. recibieron becas de posgrado aportadas por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). M.T. fue apoyado por el programa de repatriación de CONACYT.

Resumen

Las decisiones involucran la formulación de un plan motor basado en: i) la integración de la información sensorial disponible, ii) la expectativa de recompensa y iii) los estados emocionales asociados. En el presente documento desarrollamos la idea de que el proceso de detección/discriminación de estímulos está basado en una acumulación de información sensorial que contiene señal + ruido. En este proceso, la discriminabilidad de los estímulos determina la velocidad de integración sensorial, el tiempo de reacción y la cantidad de respuestas correctas. Discutimos además ciertas evidencias que indican que las cortezas parietal y prefrontal participan en estimar la magnitud y probabilidad de recompensa, esto con el objetivo de minimizar la relación costo/beneficio para la decisión a tomar. Asimismo, los gradientes en la recompensa están asociados con variaciones en los estados emocionales que sirven como señales predictivas y moduladoras de la elección. Así, las elecciones están

basadas en la discriminación de estímulos, en la historia de recompensas y en la integración de los estados emocionales que suceden antes y después de cada decisión tomada.

Palabras clave: Discriminación, decisión, recompensa, emociones, evidencia, corteza prefrontal ventomedial, corteza lateral intraparietal.

Discriminability, reward and emotions in decision-making

Abstract

Decisions involve formulating a motor plan based on: sensory integration of available information, ii) reward-expectancy and iii) the associated emotional states. In this document, we address the idea that detection/discrimination of stimuli is based on an accumulation of sensory information which contains signal + noise. In this process, the discriminability between stimuli determines the speed of sensory integration, the reaction time and the amount of correct responses. We also discuss how the parietal and prefrontal cortices estimate reward's magnitude and probability, aiming to minimize the cost/benefit relationship for the choice to be made. Moreover, reward gradients are associated with variations in the emotional states which serve as predictive and modulatory signals of the decision process. Thus, choices are based on stimuli discrimination, on

reward history and on the integration of emotional states which occur before and after each choice made.

Keywords: Discrimination, decision-making, reward, emotions, evidence, ventomedial prefrontal cortex, intraparietal lateral cortex.

Introducción

La toma de una decisión implica un proceso cerebral a través del cual los organismos seleccionan una alternativa entre varias posibles en busca de una consecuencia favorable. Consiste en la formulación de un plan de acción motor basado en la información sensorial disponible y en su representación neuronal, misma que se asocia con resultados específicos (Shadlen & Kiani, 2013).

Resulta claro que los organismos sólo pueden percibir algunos componentes de su entorno y, por ende, actúan de acuerdo a información sensorial parcial que ocurre en cantidad y calidad variable (Treviño, et al., 2011). Para poder tomar decisiones, primero los organismos deben identificar la presencia del estímulo (problema de detección), luego usar la representación cortical de sus características físicas para diferenciarlo de las de otros estímulos presentes (problema de discriminación) y, finalmente, con base en esta información, comandar una acción motora cuyo propósito es el de elegir la alternativa más favorable (la toma de decisión). Las predicciones

(correctas) sobre una acción dada consisten en cotejar la información discriminativa contra el registro de la historia de recompensa (o castigo) que el sujeto ha obtenido anteriormente en situaciones similares (Dayan & Daw, 2008).

Una forma de medir el impacto que tienen la discriminabilidad y la recompensa en la toma de decisiones es variar sistemáticamente una de estas propiedades mientras que la otra se mantiene constante (Shadlen & Kiani, 2013; Bogacz, Brown, Moehlis, Holmes & Cohen, 2006; Treviño, Oviedo, Jendritza, Li & Kohry De Marco, 2013). Al usar registros electrofisiológicos de la actividad de disparo de neuronas corticales en diversos modelos animales, se han descrito varios correlatos de los procesos cerebrales asociados a tareas de discriminabilidad variable pero con probabilidad y magnitud de recompensa fijas (Shadlen & Kiani, 2013; Smith & Ratcliff, 2004). En cambio, al variar la recompensa se ha reportado la formación de sesgos en la elección en favor de la alternativa con la mayor magnitud (o probabilidad de ocurrencia; Shadlen & Kiani, 2013). De este tipo de estudios con recompensa variable, se ha encontrado que la corteza prefrontal ventromedial (CPFVM) participa en el control del estado cognitivo-emocional del sujeto, mismo que influye en la toma de decisiones (Bechara, 2005; Bechara, Damasio, Damasio & Lee, 1999).

A continuación desarrollamos la idea de que la toma de decisiones depende de procesos separables (física y temporalmente) que involucran: i) la detección de estímulos sensoriales y su correcta discriminación, ii) la predictibilidad sobre las características de la recompensa y iii) la integración de los estados emocionales que acontecen antes y después de la elección. Discutimos algunas evidencias experimentales que indican una clara relación entre los cambios en las propiedades físicas de los estímulos discriminativos, su representación neuronal y las variaciones en la conducta asociadas. También comentamos el papel que tiene la corteza prefrontal en la integración de los estados emocionales y su impacto en la toma de decisiones.

La detección y discriminación sensorial son prerequisites para la toma de decisiones

Diversos estudios clásicos de psicofísica han explorado la relación entre los estímulos externos y su percepción. Por ejemplo, se ha cuantificado el impacto que tiene la modificación sistemática de propiedades físicas de los estímulos sensoriales (v.gr. intensidad) con el reporte sobre su detección. De aquí se ha propuesto que existe un umbral absoluto de detección sensorial, definido como la intensidad mínima que un estímulo requiere para que sea

percibido; es decir, sólo aquellos estímulos con una intensidad superior a su umbral de detección pueden ser detectados. Asimismo, se ha incorporado el uso de herramientas matemáticas probabilísticas derivadas de la teoría de detección de señales (TDS) para describir el proceso de detección sensorial. La TDS asume que toda señal es transmitida con cierta cantidad de ruido, por lo que la probabilidad de detección es el resultado de la comparación entre dos distribuciones de probabilidad, una para la señal y otra para el ruido. Dependiendo del nivel de solapamiento entre estas dos distribuciones, se pueden generar 4 'salidas' posibles: verdaderos positivos (reporte correcto de detección cuando el estímulo existe), falsos positivos (reporte incorrecto de detección cuando el estímulo no existe), verdaderos negativos (reporte correcto cuando el estímulo no existe) y falsos negativos (reporte incorrecto cuando el estímulo no existe). Queda claro que en un sistema carente de ruido no existen los falsos positivos ni los negativos. Sin embargo, en un escenario realista, sabemos bien que los sujetos pueden tomar decisiones con disparidades entre el reporte de la detección (o no-detección) y la presencia (o ausencia) de estímulos. Esto se debe a que las señales sensoriales y su representación neuronal contienen ruido, entre otros factores.

Durante el proceso de detección, las fuentes de ruido pueden ser externas o

internas, y consisten de una mezcla de señales no relevantes para la tarea, ya sea de la misma modalidad sensorial o de una diferente (Deco, Rolls & Romo, 2009). Indiscutiblemente, la adición de fuentes de ruido dota a la TDS de mayor poder predictivo sobre la actividad neuronal (y su variabilidad) y la ejecución motriz antes, durante y después de la aparición del estímulo sensorial.

Evidencias provenientes de estudios con tareas de elección forzada dicotómica, en donde los organismos deben elegir entre dos estímulos con propiedades físicas diferentes, indican que la probabilidad de tomar una decisión correcta es proporcional a la diferencia de intensidades entre estímulos a discriminar (Erlich, Bialek & Brody, 2011; Kepecs, Uchida, Zariwala & Mainen, 2008; Treviño et al., 2013). Dicha probabilidad puede ser representada gráficamente por una curva sigmoidea que describe los cambios graduales y continuos en función de las intensidades crecientes del estímulo.

Recientemente, varios estudios sobre la toma de decisiones en distintas modalidades sensoriales han comparado la actividad de neuronas en regiones sensoriales, motoras y de asociación con la respuesta motriz que el sujeto produce (Atiani, Elhilali, David, Fritz & Shamma, 2009; Martinez, Perez, Mirasso & Manjarrez, 2007; Shadlen & Kiani, 2013). Se ha descrito que la

actividad de algunas neuronas somato-sensoriales cambia de manera proporcional a las intensidades de tamaño, movimiento y textura de los estímulos táctiles (Deco et al., 2009). Otras observaciones similares en la corteza auditiva indican que la respuesta neuronal depende del volumen y la frecuencia de los estímulos auditivos (Atiani et al., 2009), mientras que en la corteza visual la respuesta neuronal depende de la luminosidad y de la orientación de los contornos de los estímulos visuales (Bonin, Histed, Yurgenson & Reid, 2011; Treviño et al., 2013). Es decir, la actividad de las neuronas de la corteza sensorial primaria representa, en mayor o menor grado, las características perceptuales de los estímulos sensoriales.

Algunas de las neuronas localizadas en regiones sensoriales también son reactivas a los cambios vinculados con la elección del sujeto, lo que sugiere que pueden codificar componentes adicionales relacionados con el proceso de decisión (*v.gr.* recompensa, estados emocionales, etc.). Por ejemplo, en tareas de discriminación visual que involucran una mezcla de puntos con movimiento pseudo-aleatorio y con diferente grado de movimiento coherente (a menor número de puntos con movimiento coherente, mayor dificultad para discriminar la dirección del movimiento), se ha encontrado que la actividad de la región temporal medial (TM) del macaco está íntimamente

relacionada: i) con el análisis del movimiento de los estímulos (Maunsell & van Essen, 1983), ii) con la dificultad de la tarea al producir tasas más altas de disparo ante estímulos de mayor discriminabilidad (Shadlen & Kiani, 2013) y iii) con la salida motriz, debido a que la tasa de respuesta de estas neuronas tiene preferencia por la elección del organismo (Shadlen & Kiani, 2013). De manera interesante, la actividad de las neuronas localizadas en la corteza intraparietal lateral (IPL) predice la elección que realizará el organismo, independientemente de si la respuesta es correcta o no (Shadlen & Kiani, 2013). De forma similar, registros en la región frontal de orientación (FOF) de la rata indican que sus neuronas disparan con mayor frecuencia en tareas de discriminación más complicadas (Kepecs et al., 2008). No sólo eso, se ha reportado que existe un aumento de su actividad inmediatamente después de que se eligió su lado preferido (*i.e.* el contralateral), lo que sugiere que estas neuronas participan en la preparación y planeación de la elección (Erlich et al., 2011). Tenemos entonces que el disparo de las neuronas localizadas en TM representa el proceso de discriminación, mientras que la actividad de las neuronas localizadas en IPL en el macaco y FOF en la rata codifica componentes posteriores de evaluación que preceden a la toma de decisiones. Además de tener un efecto claro sobre la frecuencia de disparo neuronal, la dificultad en la discriminación de

estímulos influye profundamente en el tiempo de reacción. El tiempo de reacción es el intervalo de tiempo que acontece desde que aparecen los estímulos sensoriales hasta que se emite la respuesta motriz (Bogacz et al., 2006; Atiani et al., 2009; Zariwala, Kepecs, Uchida, Hirokawa & Mainen, 2013). De esto se deriva que existe una relación específica entre la velocidad promedio con la que se emite la elección y la probabilidad de que la respuesta sea correcta. La cantidad de respuestas correctas aumenta conforme se incrementa el periodo de exposición al estímulo, lo que sugiere que la información discriminativa se acumula durante el periodo de adquisición de evidencia sensorial (Shadlen & Kiani, 2013).

En experimentos que involucran decisiones simples, se ha encontrado que la respuesta cortical es influenciada por factores adicionales ajenos al estímulo discriminativo y su recompensa asociada. Estudios en la corteza visual primaria de ratones en libre movimiento, muestran que al menos la mitad de la población de las neuronas registradas reflejan una combinación de procesamiento visual y de velocidad de la carrera (Saleem, Ayaz, Jeffery, Harris & Carandini, 2013; Niell & Stryker, 2010; Keller, Bonhoeffer & Hubener, 2012). De manera similar, se ha encontrado que existe un incremento en la tasa de disparo de 'células simples' de la corteza visual primaria de macacos cuando éstos le

prestan atención a los estímulos visuales (McAdams & Reid, 2005). Asimismo, se ha encontrado que la plasticidad en algunas de estas neuronas predice los cambios en la capacidad del organismo para discriminar estímulos sensoriales (*v.gr.* aprendizaje perceptual (Gilbert, Li & Piech, 2009; Treviño et al., 2013). Por ejemplo, las neuronas de la corteza auditiva primaria responden con potenciales de acción ante un amplio rango de tonos. Conforme avanza el entrenamiento discriminativo, la respuesta de estas neuronas se vuelve progresivamente más específica, en paralelo con un aumento en la cantidad de aciertos en las decisiones discriminativas (Atiani et al., 2009). Nuestra interpretación de estos resultados experimentales es que la actividad de los circuitos neuronales que participan en la detección/discriminación de los estímulos sensoriales, necesarios para la toma de decisiones, es continuamente influenciada por variables internas del organismo que no dependen directamente de los estímulos sensoriales.

Empleando conceptos de la TDS, se ha propuesto recientemente que durante la exposición a una estímulo sensorial que contiene señal + ruido, la representación cerebral de la evidencia sensorial se acumula a través del tiempo hasta que se cruza un supuesto umbral de discriminación. Éste umbral determina la cantidad mínima de

evidencia necesaria para producir la respuesta ante el estímulo (Bogacz et al., 2006; Shadlen & Kiani, 2013). Se postula, además, que la integración de la información discriminativa constituye una estrategia eficaz de procesamiento sensorial puesto que permite que conforme avance el tiempo, la relación señal/ruido se incremente mientras que la contribución relativa del ruido decrece (Smith y Ratcliff, 2004). Cabe recalcar que debido a la presencia del ruido, la cantidad de tiempo que se requiere para que el acumulador de evidencia cruce su umbral no es fija. Esta variabilidad en la función de los integradores sensoriales nos hace recordar las diferencias que existen en los tiempos de reacción para pruebas con estímulos idénticos (Smith & Ratcliff, 2004).

Para describir matemáticamente el proceso de acumulación sensorial de la variable compuesta [señal + ruido] en el tiempo, se han propuesto varios modelos que predicen tanto la tasa de disparo de las neuronas asociadas al proceso de acumulación sensorial (v.gr. IPL) como la dinámica de diversas propiedades discretas y continuas asociadas a la salida motriz (v.gr. cantidad de aciertos, tiempo de reacción; Smith & Ratcliff, 2004; Treviño et al., 2013). La mayoría de estos modelos proponen un proceso de acumulación basado en integradores independientes, uno para cada estímulo de la tarea de elección dicotómica. Cada uno de los integradores se encuentra encargado de acumular la

evidencia a favor de una de las alternativas, de forma que la decisión está dada por el integrador que primero rebase su umbral (Bogacz et al., 2006; Smith & Ratcliff, 2004). Esta 'carrera hacia el umbral' permite predecir que el aumento en la cantidad de información sensorial integrada al incrementar la exposición al estímulo produce como resultado una mayor cantidad de aciertos (Uchida & Mainen, 2003; Shadlen & Kiani, 2013). En contraparte, mayor ruido produce una disminución en la cantidad de aciertos y un aumento de la latencia.

Algunas variantes de estos modelos incluyen i) interacciones inhibitorias recíprocas a nivel de las entradas sensoriales o directamente entre los integradores (Bogacz et al., 2006), ii) la noción de integradores imperfectos que presentan fugas de información (Usher & McClelland, 2001) y iii) umbrales de discriminación variables que se ajustan dependiendo del tiempo de reacción que se impone a la tarea (Bogacz et al., 2006; Smith & Ratcliff, 2004) y de la expectativa de recompensa que presenta el organismo (Shadlen & Kiani, 2013). La localización del supuesto umbral discriminativo obedece a un principio económico que tiende a maximizar la recompensa que se obtiene por unidad de tiempo. Una idea interesante es que el cerebro ajusta internamente la cantidad de la señal discriminativa que necesita para realizar una elección, de acuerdo con las características de discriminabilidad de

los estímulos y el tiempo necesario para procesarlos (Shadlen & Kiani, 2013). Estas evidencias empíricas sugieren que las neuronas de corteza sensorial primaria están vinculadas directamente al proceso de acumulación de evidencia sensorial durante la detección. La actividad de las neuronas de MT está relacionada con la discriminación del movimiento y se modula por la discriminabilidad de los estímulos. La actividad de la IFP y la FOF depende de la discriminabilidad de los estímulos y de las expectativas de recompensa (Kepecs et al., 2008).

La recompensa en la toma de decisiones

Como hemos mencionado, las diferentes cualidades físicas de los estímulos discriminativos influyen en la cantidad de respuestas correctas, el tiempo de reacción y la actividad neuronal durante la toma de decisiones. Sabemos además que variaciones en la magnitud y probabilidad de la recompensa influyen en la actividad neuronal y en la toma de decisiones (Zariwala et al., 2013; Shadlen & Kiani, 2013). Esto indica que la elección de un organismo depende de un análisis contextual en el que por un lado se comparan las representaciones neuronales de los estímulos discriminativos mientras que, por otro lado, se comparan las diferentes magnitudes de recompensa que se presentan y del nivel de certeza (o de

incertidumbre) de cada una de ellas (Shadlen & Kiani, 2013).

En tareas en las cuales las alternativas son diferencialmente reforzadas, se forma un sesgo en la tasa de elecciones a favor de la opción que presenta mayor recompensa. Una vez formado dicho sesgo, el registro de la tasa de disparo de las neuronas de la región IPL muestra un incremento en su actividad proporcional al grado de confianza en la decisión (*v.gr.* probabilidad de obtener la recompensa esperada) y a la expectativa de obtener una recompensa de mayor magnitud (*v.gr.* mayor cantidad de jugo) (Shadlen & Kiani, 2013). Esto indica que las neuronas de IPL no sólo codifican información sobre la dificultad discriminativa, sino que también representan la magnitud-probabilidad de la recompensa para una decisión dada.

La actividad de los ganglios basales también se encuentra relacionada con la representación de la magnitud en la recompensa (Samejima, Ueda, Doya & Kimura, 2005). El incremento en la tasa de disparo de dos terceras partes de las neuronas del estriado predice la cantidad de reforzador esperado. De manera interesante, el resto de las neuronas aumenta su respuesta en los ensayos con menor recompensa lo que quizá se deba a interacciones de circuito que involucren interneuronas inhibitoras. De manera similar, las neuronas del núcleo caudado han mostrado que su actividad representa

tanto la cantidad de reforzador esperado, como la respuesta que emitirá el sujeto (Takikawa, Kawagoe & Hikosaka, 2002; Lauwereyns, Watanabe, Coe & Hikosaka, 2002). La actividad de estas neuronas vinculada a la magnitud en la recompensa indica que aún en estructuras subcorticales se puede llevar a cabo una evaluación temprana de las expectativas de recompensa necesarias para la toma de decisión. Las neuronas de las áreas homólogas FOF en ratas (Kepecs et al., 2008) y la corteza orbitofrontal en primates (Roesch & Olson, 2004) son sensibles tanto a la dificultad en la discriminación de estímulos como a la probabilidad de un reforzador (Erich et al., 2011). Ellas podrían ser precursoras de la elección pues codifican, de manera combinada, una comparación entre las características de los estímulos discriminativos y las expectativas de recompensa asociadas.

Otra forma que se ha utilizado para reforzar diferencialmente las consecuencias de conductas específicas ha sido la inclusión de un estímulo aversivo tras ejecutar una elección errónea. Este procedimiento ha mostrado que la cantidad de tiempo que el organismo invierte en percibir los estímulos sensoriales aumenta conforme se fortalece la consecuencia negativa ante el error (Zariwala et al., 2013). Nosotros entendemos al tiempo de exposición al estímulo sensorial en esta tarea, que el sujeto controla de manera autónoma, como un indicador

indirecto del grado de motivación que el organismo tiene para realizar elecciones ventajosas.

En síntesis, conductualmente se ha observado que la disponibilidad de recompensas de diferentes magnitudes forma un sesgo en la elección en favor de la alternativa que representa mayor recompensa con mayor probabilidad. Los circuitos neuronales involucrados en la predicción de recompensa incluyen la corteza IPL, los ganglios basales y la corteza prefrontal, entre otros.

La integración cognitivo-emocional en la toma de decisiones

Al igual que como sucede en los modelos animales que hemos abordado, la toma de decisiones en humanos, depende de las variaciones en la discriminabilidad del estímulo y de la magnitud de la recompensa. Derivado de estudios de neuropsicología cognitiva, sabemos además que la CPFVM asigna una valencia a los estados emocionales, lo que resulta fundamental para la toma de decisiones (Bechara, 2005). Se han descrito al menos 3 dimensiones en las que podrían intervenir las emociones durante la toma de decisiones: el estado cognitivo-afectivo que precede a la decisión, los cambios emocionales-fisiológicos al tomar la decisión y las tendencias a producir determinados

comportamientos basados en la historia de recompensa. Así, las emociones modulan el valor de la recompensa y esto repercute en la toma de decisiones futuras, con una mayor influencia en situaciones de incertidumbre cuando, por ejemplo, se varía la probabilidad de la recompensa o cuando las consecuencias de la elección son poco predecibles.

Diversos estudios de resonancia magnética funcional han vinculado la activación de la amígdala, hipotálamo y CPFVM con la detección y evaluación de estados emocionales, así como durante tareas de 'memoria emocional' (Mitchell, 2011). También se ha observado que existe una activación de la CPFVM durante la toma de decisiones en contextos ambiguos (*v.gr.* alta variabilidad en la discriminabilidad o en la probabilidad de recompensa), al igual que durante la modulación intencional de la respuesta emocional (Mitchell, 2011). Este tipo de estudios sugiere que la CPFVM se encarga de la modulación de la respuesta emocional en correspondencia con las consecuencias esperadas.

Sujetos con lesiones en la CPFVM tienen dificultades para realizar elecciones ventajosas en la vida cotidiana (*v.gr.* tienden a producir malas decisiones financieras, hacer comentarios imprudentes, etc.) y en diversas pruebas clínicas como la 'Iowa Gambling Task' (IGT, por sus siglas en inglés). En el diseño original de la IGT,

el participante debe elegir una carta de uno de cuatro mazos; cada vez que elige una carta, el sujeto gana o pierde una cantidad de dinero en función de su elección. La diferencia entre elecciones consiste en la distribución de ganancias (o pérdidas), que ocurren con distinta magnitud y frecuencia, para cada uno de los mazos. El mazo más ventajoso a largo plazo es el que implica ganancias pequeñas pero frecuentes y pocas pérdidas de montos bajos, mientras que el mazo menos ventajoso es el que implica grandes ganancias esporádicas y pérdidas con alta frecuencia. Las personas sanas suelen adaptarse rápidamente a las condiciones de la prueba y elegir las alternativas con más beneficio a largo plazo, mostrando una clara sensibilidad a los gradientes de probabilidad y la magnitud de recompensa. En contraste, los sujetos con lesión en la CPFVM tienden a elegir las alternativas más riesgosas que, aunque puedan tener ciertos beneficios inmediatos, implican mayores pérdidas a largo plazo (Bechara, 2005). Estas observaciones sugieren que los sujetos con lesión en la CPFVM presentan una mayor sensibilidad a las recompensas inmediatas y una especie de "miopía" o insensibilidad hacia las consecuencias futuras, modificando substancialmente su patrón de comportamiento en la toma de decisiones (Bechara, 2005). Una posibilidad es que estas dificultades estén causadas por deficiencias en la integración de los estados emocionales (Bechara, 2005).

La hipótesis de los 'marcadores somáticos' propone un mecanismo a través del cual el estado emocional influye en la toma de decisiones del individuo. El término marcador somático proviene de 'soma' que hace referencia a los cambios corporales que son asociados con los estados emocionales, y marcador, que se refiere a la 'huella' que estas emociones dejan acerca de las elecciones que las propiciaron. Durante la toma de una decisión, el sujeto tiene una reacción emocional específica que activa el sistema nervioso autónomo. La evaluación del estado autonómico producido por la emoción, interviene en la cognición para llevar a cabo una decisión basada en las experiencias previas de recompensa en situaciones similares (Damasio, Tranel & Damasio, 1991).

En busca de evidencias experimentales que apoyen la hipótesis de los marcadores somáticos, se ha cuantificado el aumento en la sudoración de la palma de las manos (conductancia de la piel, o 'SCR' por sus siglas en inglés) como una medida indirecta de la activación emocional del sujeto y como un 'marcador somático' (Critchley, Elliott, Mathias & Dolan, 2000). A través de esta aproximación, se ha reportado que tanto en sujetos sanos como en pacientes con lesión en la CPFVM se produce un aumento de la SCR tras recibir el reforzador en una tarea de detección de baja incertidumbre. Sin embargo, más adelante, únicamente los sujetos sanos

muestran un aumento del SCR previo a la elección. Este incremento de la SCR, anticipatorio a la elección, corresponde a la elección de opciones más ventajosas (dadas por una mayor probabilidad de recompensa) pero no con la elección de las alternativas desventajosas. Por ello se postula que la SCR es útil como marcador somático para el estudio de la toma de decisiones (Bechara et al., 1999). Se han propuesto dos componentes, con diferentes cinéticas y niveles de interacción entre ellos, que podrían estar involucrados durante la integración emocional en la toma de decisiones: i) un sistema impulsivo, gobernado principalmente por la amígdala, que evalúa el placer o aversión por el resultado inmediato, en el cual la evocación afectivo-emocional influye para producir una respuesta automática y visceral, y ii) un sistema reflexivo, a partir del cual se toma una decisión después de un proceso de evaluación de los hechos pertinentes, los posibles cursos de acción y la representación de las posibles consecuencias, gobernado principalmente por la CPFVM (Bechara, 2005).

En resumen, se ha sugerido que la CPFVM se encuentra encargada de procesar la información contextual (*i.e.* estímulo), episódica (*i.e.* memoria) y autonómica (*i.e.* SCR) proporcionando la información necesaria para integrar las señales emocionales y cognitivas, facilitando la elección de la opción más

favorable (Bechara et al., 1999; Bechara, 2005). Las dificultades para tomar decisiones correctas de los sujetos con lesiones en la CPFVM podrían relacionarse con su incapacidad para atribuir un valor emocional apropiado para las diferentes opciones, imposibilitando la producción de las señales viscerales asociadas (marcadores somáticos) y dificultando la toma de decisiones correctas aun cuando su inteligencia general no sea afectada por la lesión.

Conclusiones

La toma de decisiones es un proceso complejo que depende de la detección/discriminación de estímulos, así como de una estimación apropiada de la magnitud, probabilidad y retardo de la recompensa asociada a estímulos similares en situaciones previas. Estudios electrofisiológicos realizados durante tareas de toma de decisión indican interacciones claras entre la actividad de las regiones sensoriales encargadas de los procesos de detección/discriminación de estímulos y a las regiones parietales 'IPL' y frontales 'FOF' encargadas de la integración de la información sensorial y de predecir la recompensa.

La conceptualización de la toma de decisiones como un proceso de acumulación de información ha permitido desarrollar modelos que predicen la actividad neuronal asociada,

la cantidad de aciertos, el tiempo de reacción y la relación que existe entre la velocidad en la elección, el número de errores y la dificultad de la tarea.

La magnitud y predictibilidad de la recompensa producen cambios en el estado emocional que interviene en el proceso de toma de decisiones del sujeto. En estudios en humanos se ha demostrado que existe una interacción entre la información que provee el entorno y los estados emocionales asociados. De esta manera, para tomar una decisión no solamente se integra información perceptual, sino que también se integra información de los estados emocionales asociados con situaciones similares previas, que sirven como señales predictivas y moduladoras del comportamiento.

Consideramos que para poder hacer un acercamiento riguroso a la toma de decisiones, uno que permita predecir y explicar el comportamiento a detalle, debemos desglosar cuidadosamente a la decisión como una cadena secuencial de procesos cerebrales que interactúan entre sí. Estos procesos están encargados de la detección/discriminación sensorial, la evaluación de la predictibilidad de la recompensa y la integración de los estados emocionales. No descartamos la posibilidad de que existan factores adicionales que participen en la toma de decisiones y que no hayamos considerado aún.

Referencias

- Atiani, S., Elhilali, M., David, S. V., Fritz, J. B., & Shamma, S. A. (2009). Task difficulty and performance induce diverse adaptive patterns in gain and shape of primary auditory cortical receptive fields. *Neuron*, 61, 467-480.
- Bechara, A. (2005). Decision making, impulse control and loss of willpower to resist drugs: a neurocognitive perspective. *Nature Neuroscience*, 8, 1458-1463.
- Bechara, A., Damasio, H., Damasio, A. R., & Lee, G. P. (1999). Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision-making. *Journal of Neuroscience*, 19, 5473-5481.
- Bogacz, R., Brown, E., Moehlis, J., Holmes, P., & Cohen, J. D. (2006). The physics of optimal decision making: a formal analysis of models of performance in two-alternative forced-choice tasks. *Psychological Review*, 113, 700-765.
- Bonin, V., Histed, M. H., Yurgenson, S., & Reid, R. C. (2011). Local diversity and fine-scale organization of receptive fields in mouse visual cortex. *Journal of Neuroscience*, 31, 18506-18521.
- Critchley, H. D., Elliott, R., Mathias, C. J., & Dolan, R. J. (2000). Neural activity relating to generation and representation of galvanic skin conductance responses: a functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Neuroscience*, 20, 3033-3040.
- Damasio, A. R., Tranel, D., & Damasio, H. (1991). Somatic markers and the guidance of behavior: Theory and preliminary testing. In *Frontal lobe function and dysfunction* (pp. 217-229).
- Dayan, P., & Daw, N. D. (2008). Decision theory, reinforcement learning, and the brain. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 8, 429-453.
- Deco, G., Rolls, E. T., & Romo, R. (2009). Stochastic dynamics as a principle of brain function. *Progress in Neurobiology*, 88, 1-16.
- Erlich, J. C., Bialek, M., & Brody, C. D. (2011). A cortical substrate for memory-guided orienting in the rat. *Neuron*, 72, 330-343.
- Gilbert, C. D., Li, W., & Piech, V. (2009). Perceptual learning and adult cortical plasticity. *Journal of Physiology*, 587, 2743-2751.
- Keller, G. B., Bonhoeffer, T., & Hubener, M. (2012). Sensorimotor mismatch signals in primary visual cortex of the behaving mouse. *Neuron*, 74, 809-815.
- Kepecs, A., Uchida, N., Zariwala, H. A., & Mainen, Z. F. (2008). Neural correlates, computation and behavioural impact of decision confidence. *Nature*, 455, 227-231.

Lauwereyns, J., Watanabe, K., Coe, B., & Hikosaka, O. (2002). A neural correlate of response bias in monkey caudate nucleus. *Nature*, 418, 413-417.

Martinez, L., Perez, T., Mirasso, C. R., & Manjarrez, E. (2007). Stochastic resonance in the motor system: effects of noise on the monosynaptic reflex pathway of the cat spinal cord. *Journal of Neurophysiology*, 97, 4007-4016.

Maunsell, J. H., & van Essen, D. C. (1983). Functional properties of neurons in middle temporal visual area of the macaque monkey. I. Selectivity for stimulus direction, speed, and orientation. *Journal of Neurophysiology*, 49, 1127-1147.

McAdams, C. J., & Reid, R. C. (2005). Attention modulates the responses of simple cells in monkey primary visual cortex. *Journal of Neuroscience*, 25, 11023-11033.

Mitchell, D. G. (2011). The nexus between decision making and emotion regulation: a review of convergent neurocognitive substrates. *Behavioral Brain Research*, 217, 215-231.

Niell, C. M., & Stryker, M. P. (2010). Modulation of visual responses by behavioral state in mouse visual cortex. *Neuron*, 65, 472-479.

Roesch, M. R., & Olson, C. R. (2004). Neuronal activity related to reward value

and motivation in primate frontal cortex. *Science*, 304, 307-310.

Saleem, A. B., Ayaz, A., Jeffery, K. J., Harris, K. D., & Carandini, M. (2013). Integration of visual motion and locomotion in mouse visual cortex. *Nature Neuroscience*, 16, 1864-1869.

Samejima, K., Ueda, Y., Doya, K., & Kimura, M. (2005). Representation of action-specific reward values in the striatum. *Science*, 310, 1337-1340.

Shadlen, M. N., & Kiani, R. (2013). Decision making as a window on cognition. *Neuron*, 80, 791-806.

Smith, P. L., & Ratcliff, R. (2004). Psychology and neurobiology of simple decisions. *Trends in Neuroscience*, 27, 161-168.

Takikawa, Y., Kawagoe, R., & Hikosaka, O. (2002). Reward-dependent spatial selectivity of anticipatory activity in monkey caudate neurons. *Journal of Neurophysiology*, 87, 508-515.

Treviño, M., Aguilar-Garnica, E., Jendritza, P., Li, S. B., Oviedo, T., Kohr, G., & De Marco, R.J. (2011). Discrimination learning with variable stimulus 'saliency'. *International Archives of Medicine*, 4, 26.

Treviño, M., Oviedo, T., Jendritza, P., Li, S. B., Kohr, G., & De Marco, R. J. (2013). Controlled variations in stimulus similarity during learning determine

visual discrimination capacity in freely moving mice. *Scientific Reports*, 3, 1048.

Uchida, N., & Mainen, Z. F. (2003). Speed and accuracy of olfactory discrimination in the rat. *Nature Neuroscience*, 6, 1224-1229.

Usher, M., & McClelland, J. L. (2001). The time course of perceptual choice: the leaky, competing accumulator model. *Psychological Review*, 108, 550-592.

Zariwala, H. A., Kepecs, A., Uchida, N., Hirokawa, J., & Mainen, Z. F. (2013). The limits of deliberation in a perceptual decision task. *Neuron*, 78, 339-351.

Aprender de uno y de los otros: correlatos neurofisiológicos de la monitorización propia y vicaria del desempeño

Erwin R. Villuendas González

Facultad de Psicología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Laboratorio de Neurofisiología Clínica, Instituto de Neurociencias, Universidad de Guadalajara.

Andrés A. González Garrido

Laboratorio de Neurofisiología Clínica, Instituto de Neurociencias, Universidad de Guadalajara.
Antiguo Hospital Civil de Guadalajara "Fray Antonio Alcalde"

Correspondencia:

Laboratorio de Neurofisiología Clínica. Instituto de Neurociencias. Universidad de Guadalajara. Francisco de Quevedo 180, Col. Arcos Vallarta. Guadalajara, Jal. MÉXICO. C.P. 44130. Correo electrónico:

erwinvilluendas@gmail.com

gonzalezgarrido@gmail.com

Resumen

La monitorización del desempeño se ha estudiado principalmente desde una perspectiva conductual. Posterior a Rabbitt (60s), quien describió cambios en la velocidad de respuesta después de cometer errores, muchas investigaciones han propuesto un modelo descrito como mecanismo de detección de errores, o en sentido más amplio, sistema para la monitorización del desempeño. En contraste, el estudio de la monitorización vicaria (detección de los errores de los otros) no ha sido exhaustivo. La existencia de un mecanismo de detección de errores ha recibido suficiente sustento empírico, describiéndose correlatos neurofisiológicos de los errores durante la ejecución de tareas experimentales usando Potenciales Relacionados con Eventos (PREs), en forma de componentes relacionados: Negatividad relacionada con el Error (ERN o Ne); Positividad relacionada con el error (Pe); Negatividad relacionada con la retroalimentación (FRN) y la P3 relacionada con retroalimentación (FP300), entre otros. Varios componentes (obtenidos a partir del desempeño propio) han sido evaluados a partir del desempeño ajeno y descrito sus correspondientes "observacionales". El estudio del aprendizaje observacional se ha beneficiado sustancialmente del

estudio de las diferencias y similitudes neurofisiológicas y neuroanatómicas entre la monitorización propia y la vicaria. Esta revisión discute correlatos neurofisiológicos de la monitorización propia y vicaria intentando sistematizar los datos de experimentos recientes. Existen distintos modelos de la monitorización del error (detección de errores, detección del conflicto, sistema de recompensas), aunque es probable que exista un sistema complejo que integre aspectos de cada uno, por lo que los estudios de monitorización vicaria contribuirían a construir un modelo integral de estos fenómenos. *Palabras clave:* Monitorización del error, Monitorización vicaria, auto-regulación, aprendizaje observacional.

Learning from oneself and learning from others: neurophysiological correlates of auto- and vicarious performance monitoring

Abstract

Performance monitoring has been studied mainly from a behavioral perspective. Following Rabbitt's pioneering work that describes changes in speed response that follow errors, many studies have contributed to a model of what has been described either as an error detection mechanism, or in a broader sense, a system for performance

monitoring. However, the study of vicarious monitoring (detection of someone else's errors) has not been as thorough as the former one. The existence of an error detection mechanism have received enough empirical data as different research groups started describing neurophysiological correlates of errors during experimental tasks. Through the use of the event related potentials (ERP) technique, several related-components were found: the Error Related Negativity (ERN or Ne), the Error Related Positivity (Pe), the Feedback Related Negativity (FRN) and the Feedback Related P3 (FP3), mainly. Most of these components (obtained from one's own performance) have been found to have an "observational" counterpart (i.e. similar components related to observing someone else's errors). The evaluation of physiologic and neuroanatomical characteristics of both auto-monitoring and vicarious monitoring has substantially contributed to the study of observational learning. The present review focuses on the neurophysiological correlates of auto- and vicarious monitoring in an attempt to systemize data from recent experiments. Although different models have been proposed to account for error monitoring (error detection, conflict detection and rewarding), it is very likely that a more complex system might integrate them and vicarious monitoring studies

might help to construct an integrative view of these phenomena.

Keywords: Error monitoring, vicarious monitoring, self-regulation, observational learning.

Introducción

Al realizar cualquier tarea, ponemos en marcha un conjunto de mecanismos que, a partir de señales internas o del ambiente, nos informan en qué medida lo que estamos haciendo coincide con lo que habíamos planeado. Este sistema permite hacer ajustes cuando los resultados no son adecuados y constituye una importante condición para el aprendizaje. No obstante, dicho sistema puede verse alterado en diversas patologías haciendo que las personas no detecten adecuadamente sus errores en tareas experimentales o en la vida diaria.

Los lóbulos frontales son responsables, en gran parte, de la coordinación de los procesos cognitivos dirigidos a la autorregulación que incluye la verificación de la actividad, la monitorización de errores (ME), la elaboración e implementación de planes de acción y el procesamiento de la retroalimentación (PR); sus conexiones con otras estructuras cerebrales les permiten integrar en una representación, información externa e interna, elementos del pasado y motivaciones (Dubois, Pillon

& Sirigu, 1998). Sin embargo, no ha sido sino hasta las últimas décadas en que un gran número de investigaciones han estado orientadas a dilucidar con precisión cómo funcionan estos mecanismos, de qué estructuras dependen, cómo se desarrollan, cómo pueden alterarse y de qué manera pueden ser objeto de reeducación o rehabilitación. En este sentido, los estudios de pacientes con lesiones cerebrales focales muestran cómo los desórdenes clínicos de la autoconciencia y metacognición pueden estar asociados con la patofisiología prefrontal y llevar a déficits adaptativos en el funcionamiento cotidiano (e.g. Eslinger, 2008).

Regulación Conductual y Detección de Errores

La monitorización del error (ME) forma parte de un conjunto de procesos cognitivos orientados a la autorregulación. La ME puede definirse como el control a nivel superior (ejecutivo) de procesos de nivel inferior y es responsable de la planeación y ejecución del comportamiento (e.g. Banfield, Wyland, Macrae, Münte & Heatherton, 2007). Esta monitorización incluye tanto la evaluación en tiempo real del desempeño durante tareas particulares como la capacidad para identificar los errores cometidos (Ownsworth, Quinn, Fleming, Kendall

& Shum, 2010). Si bien, aún no hay consenso sobre la naturaleza de los mecanismos que subyacen a la monitorización, al menos tres sistemas que pueden ser funcional y anatómicamente dissociables han sido descritos: uno que monitoriza el conflicto entre respuestas (Carter & van Veen, 2007), otro que detecta las acciones erróneas (Ullsperger & von Cramon, 2001), y otro que respondería a la ausencia de reforzamiento en el ambiente (Holroyd & Coles, 2002).

El análisis de los errores que se cometen en una tarea ha sido en los últimos años, un tema recurrente en la neurociencia cognitiva (Taylor, Stern & Gehring, 2007). Además, se han realizado estudios con otras especies que muestran que una parte importante de estas habilidades no son exclusivamente humanas (e.g. Zeman, 2006).

Ejemplo de los primeros estudios de la ME son los experimentos llevados a cabo por Rabbitt y su equipo desde la década de los 60s (ver Rabbitt & Rodgers, 1977 para revisión), a partir de los cuales se dilucidaron tanto el proceso de detección de errores como los orientados a su corrección, como factores que subyacen a la disminución en la velocidad de respuesta cuando se comete un error (e.g. Jentsch & Dudschig, 2009), o la influencia que las pistas sociales pueden tener sobre el desempeño de

una tarea (e.g. Bengtsson, Dolan & Passingham, 2011).

Si bien los resultados de los trabajos mencionados han contribuido a tener modelos más precisos sobre el funcionamiento de la ME, muchos de los errores que se estudian son atribuibles más a una ejecución deficiente que a una planeación defectuosa de la respuesta. La clasificación de Reason (1990; para revisión exhaustiva sobre su vigencia y pertinencia ver Blavier, Rouy, Nysseny de Keyser, (2005)) describe tres tipos de errores: los errores de planeación (*mistakes*) se deben a problemas en esta etapa (la acción se ejecuta de acuerdo al plan y la intención, pero el plan está mal), los errores de retención (*lapses*) resultan de deficiencias en la retención (no se recupera la intención a tiempo o no se recupera en absoluto) y los errores de ejecución (*slips*) que son consecuencias de problemas en la ejecución de la acción (el plan es correcto pero la ejecución no, dado que la acción no corresponde a la intención).

Aspectos conductuales de la comisión de errores

Aunque los correlatos neurofisiológicos de la monitorización del error se han investigado más en las últimas décadas, su estudio en el plano conductual tiene una larga tradición. Como ya hemos mencionado, los estudios clásicos de

Rabbitt (e.g. Rabbitt & Rodgers, 1977) mostraban cómo la velocidad en las respuestas disminuía cuando el participante se daba cuenta de que había cometido un error. Un estudio reciente realizado por Bellebaum, Rustemeier y Daum (2012) mostró que las personas mayores tienden a aprender mejor a partir de retroalimentación positiva en comparación con la retroalimentación negativa, efecto que no se observa en los adultos jóvenes.

A pesar de estos avances, la carencia de medidas objetivas para clarificar los mecanismos neurocognitivos que subyacen el control del comportamiento tanto en sujetos normales como en pacientes neurológicos, continúa siendo un problema a resolver (e.g. Fleming & Ownsworth, 2006; Vuilleumier, 2004).

En cuanto a los instrumentos experimentales, la ME ha sido medida esencialmente a través de paradigmas que pueden ser del tipo Go/No-Go (e.g. Bartholow & Amodio, 2009; Elton, Spaan & Ridderinkhof, 2004; Kiehl, Liddle, & Hopfinger, 2000; Vocat, Pourtois & Vuilleumier, 2008) o tipo *Flanker Task* (e.g. Fiehler, Ullsperger & von Cramon, 2005), las cuales habitualmente son modificadas para forzar un incremento en la tasa de errores cometidos (Falkenstein, Hoormann, Christ & Hohnsbein, 2000). Sin embargo, las situaciones experimentales comúnmente

evaluadas en el contexto de un laboratorio, difícilmente resultan indicadores confiables del desempeño en la vida cotidiana, especialmente cuando el objetivo es evaluar la ME en pacientes cerebro-lesionados (e.g. Hart, Giovannetti, Montgomery & Schwartz, 1998).

Aspectos neurofisiológicos de la comisión de errores

A partir de la obtención de componentes electrofisiológicos relacionados con la comisión de errores, se han propuesto diversas teorías que en el plano cognitivo intentan explicar de qué manera se da la regulación del desempeño. Tres teorías son las que más poder explicativo tienen hasta el momento y si bien en apariencia son excluyentes, no se puede descartar que en realidad cada una esté explicando una parte pequeña del fenómeno total: (a) el modelo de detección de errores (Gehring, Goss, Coles, Meyer & Donchin, 1993); (b) el modelo de detección del conflicto (Botvinick, Cohen & Carter, 2004); y, (c) el modelo de reforzamiento (Ridderinkhof, Ullsperger, Crone & Nieuwenhuis, 2004). A continuación se detalla cada una.

Modelo de detección de errores

Gehring et al. (1993), tras analizar los componentes eléctricos observados en los errores cometidos en una tarea de estimación temporal, propusieron

como modelo explicativo un sistema cuya función sería la monitorización y compensación del comportamiento erróneo. Tanto en tareas en las que se cometieran errores de elección, errores de acción o de estimación, se observaba un componente negativo al restar los aciertos de los errores, siendo la diferencia máxima alrededor de los 100 milisegundos después de las respuestas. Este componente se conoce como la Negatividad Relacionada con el Error (o *Error Related Negativity*, ERN). El voltaje de este componente estaba relacionado con el énfasis de la tarea: era mayor si se enfatizaba el responder bien y disminuía si lo que se le pedía al sujeto era responder rápido. El tiempo en el que se observa la respuesta eléctrica implicaría que el modelo de respuesta con el que se compara la respuesta real no se basa en información sensorial o propioceptiva, dado que tal información no podría estar disponible sino hasta que la respuesta ha sido iniciada.

La detección de una disparidad entre la respuesta esperada y la emitida podría tener lugar a varios niveles de la respuesta, de acuerdo con el modelo propuesto por Sellen (1994): (a) detección con base en la acción (incongruencia entre el plan de acción y la acción ejecutada, incongruencia entre las intenciones conscientes y las acciones ejecutadas); (b) detección con base en el resultado (incongruencia entre el resultado

esperado y el resultado real, congruencia entre formas esperadas de error y resultado); (c) detección a partir de una limitación funcional externa; (d) detección del error por un agente externo. Cada uno de estos mecanismos de detección funcionaría mejor para un tipo específico de errores, según la taxonomía de Reason (1990), que considera los errores como originados en tres momentos: (a) Formulación de la intención y planeación de la acción; (b) Almacenamiento de la información; y (c) Ejecución de la acción.

Modelo de detección del conflicto

Otra manera de detectar si se ha cometido un error sería a través de la monitorización del conflicto entre respuestas (Carter & van Veen, 2007). Cuando existen dos o más respuestas preponderantes, hay un conflicto continuo que puede resolverse una vez que se ha respondido, esto es, la respuesta correcta podría activarse después de que la respuesta errónea ha sido producida. Un ejemplo clásico estaría dado por la tarea de Stroop, en la que se debe favorecer una respuesta no predominante (e.g. denominar el color de la tinta) por encima de una respuesta preponderante y automática (e.g. la lectura).

Se ha descrito que la región anterior de la corteza cingulada sería sensible al conflicto en las respuestas, es

decir, la coactivación de respuestas mutuamente incompatibles (Yeung, Botvinick & Cohen, 2004) y su función podría ser involucrar a la corteza frontal dorsolateral en la resolución de los conflictos (Carter & van Veen, 2007). Según este modelo, la N2 (componente visible de los PREs) que suele acompañar a los ensayos correctos (y que algunos autores han descrito como negatividad relacionada con respuestas correctas, o CRN) reflejaría el conflicto que se ha producido al responder.

Modelo de reforzamiento

Este modelo sugiere que la corteza cingulada anterior (CCA), cuya activación se refleja en los componentes neurofisiológicos asociados con el error y en los estudios de imagen, forma parte de la red de aprendizaje a partir de reforzamiento (Ridderinkhof et al., 2004). Este sistema, más que detectar si se está cometiendo un error, detectaría si el resultado de la respuesta fue “peor de lo esperado”; es decir, respondería a la ausencia de un reforzamiento externo. Estas estructuras recibirían información del sistema dopamínico mesocortical a través de cambios rápidos en la actividad aferente dopaminérgica (Holroyd & Coles, 2002; Holroyd, Larsen & Cohen, 2004), y a partir de esta información se regularía el desempeño en las tareas (Ridderinkhof et al., 2004). En otras palabras, Holroyd y Coles postulan

que cuando se comete un error, el sistema dopamínico a nivel del mesencéfalo lleva una señal negativa de reforzamiento a la corteza frontal, en donde se generaría una negatividad relacionada con el error (o ERN) al desinhibirse las dendritas apicales de las neuronas motrices en la corteza anterior cingulada (CCA). Las señales de error se usarían para entrenar a la CCA, asegurando que el control sobre el sistema motor se daría a las estructuras más aptas para la tarea a la que el sujeto se enfrenta.

Los tres modelos que se han citado no necesariamente son excluyentes. Los autores que inicialmente propusieron cada uno han ido retomando elementos de los otros y es probable que en no mucho tiempo se cuente con una teoría más amplia que explique los datos empíricos disponibles.

Aspectos Neurofisiológicos del Procesamiento de Retroalimentación (PR)

Toda acción que realizamos depende de un complejo sistema en el que participan componentes eferentes (motores) y aferentes (sensoriales). En otras palabras, las acciones que llevamos a cabo involucran sistemas de retroalimentación a distintos niveles. Un ejemplo de esto lo constituye el habla: la ejecución de movimientos precisos y complejos en el aparato fonoarticulador depende de

que se envíen las órdenes adecuadas a los músculos necesarios, pero también que a distintos niveles se envíen señales de regreso al sistema central que informen de qué manera se están ejecutando las órdenes.

El proceso de retroalimentación se puede dar a distintos niveles: desde un nivel superior en el que la formación de programas motores sea regulada antes de su ejecución a partir de un plan de acción, hasta una retroalimentación que se dé en el contexto interpersonal, cuando alguien más nos da información sobre la adecuación de nuestro desempeño.

Se han estudiado distintos sistemas que permiten el PR, entre otras razones porque en diversos padecimientos que afectan al sistema nervioso central pareciera haber un PR deficiente detrás de algunos síntomas que afectan el desempeño. Desde nuestro punto de vista, el procesamiento de errores ajenos constituye una de los pilares esenciales del aprendizaje observacional, el cual puede constituir la base de diversos programas de intervención en pacientes con distintas patologías (ej.: enfermedad vascular cerebral, enfermedad de Parkinson, mielopatías espinales crónicas, deterioro cognitivo inespecífico, encefalopatías de diversa índole, etc.).

Desarrollo de la monitorización del error (ME) y el procesamiento de retroalimentación (PR)

Estos mecanismos dependen de estructuras neuronales cuyo proceso de maduración se extiende por al menos las primeras dos décadas de vida. En particular, los lóbulos frontales han sido descritos como estructuras en las que el proceso de mielinización es especialmente largo. Diversos estudios han abordado este desarrollo tanto en niños (e.g. Santesso, Segalowitz & Schmidt, 2005) como en adolescentes (Zottoli & Grose-Fifer, 2012) y adultos mayores (Bettcher & Giovannetti, 2009).

Otro estudio de Eppinger, Mock & Kray (2009) reportó diferencias en los componentes ERN y FRN al comparar niños con adultos: mientras en los adultos había cambios en función de la validez de la retroalimentación, los niños eran menos sensibles a ella, además de mostrar FRNs de mayor amplitud que las observadas en los adultos, lo cual sugiere una mayor importancia funcional para la retroalimentación en las etapas tempranas del desarrollo. Por su parte, Hämmerer, Li, Müller & Lindenberger (2011) realizaron un estudio abarcando desde niños hasta ancianos y encontraron varios datos: la amplitud de la FRN disminuye con la edad; tanto niños como adultos mayores muestran FRN menos discriminativas entre aciertos y

errores, aprenden mejor de la retroalimentación negativa y necesitan más ensayos para aprender. En conjunto, la literatura sugiere que los mecanismos para el procesamiento de la retroalimentación se establecen antes de la adolescencia y que a partir de allí, las diferencias individuales son más responsables de la variabilidad observada.

Bases anatomofisiológicas

El estudio de la monitorización del desempeño y de las estructuras del sistema nervioso y los procesos fisiológicos subyacentes ha tenido un auge en las últimas décadas gracias en parte, al desarrollo de métodos no invasivos como los estudios de imagen y los psicofisiológicos. Estudios como la resonancia magnética funcional han permitido obtener imágenes con una gran resolución espacial y una buena resolución temporal que han mostrado cuáles son las estructuras del cerebro que se encuentran activas durante estos procesos. Por otra parte, los estudios de PREs, si bien no ofrecen una gran resolución espacial, sí tienen una resolución temporal que ayuda a saber en qué momento se está llevando a cabo el trabajo por distintas estructuras (Bartholow & Amodio, 2009; Dhar, Wiersema & Pourtois, 2011).

Los resultados obtenidos a partir de ambas aproximaciones apuntan a

que la fluidez aparente del control del comportamiento, se logra a través de un trabajo coordinado de distintas áreas corticales, sin que necesariamente haya un controlador central (Garavan, Ross, Murphy, Roche & Stein, 2002). Según estos estudios, las respuestas rápidas dependen de la corteza prefrontal dorsolateral derecha y la corteza cingulada anterior (CCA), el procesamiento de errores y/o conflictos depende de estructuras mediales (como la CCA y la corteza motriz suplementaria) y el mantenimiento de las tareas depende de áreas prefrontales dorsolaterales (Garavan et al.). De manera específica, se ha encontrado que la porción más rostral de la CCA está relacionada con la evaluación rápida de respuestas erróneas (Swick & Turken, 2002), aunque otros autores proponen que más bien se relaciona con una función evaluativa para el ajuste comportamental inmediato cuyo fin sería evitar pérdidas (Magno, Foxe, Molholm, Robertson & Garavan, 2006). En esta línea, los lóbulos frontales serían responsables tanto de la comisión de errores como de su detección a través de la evaluación de los resultados (Blavier et al., 2005), aunque diferentes componentes del proceso cognitivo podrían estar asociados con distintas estructuras.

Como se mencionó con anterioridad, existe una discusión abierta sobre los mecanismos subyacentes a la

regulación del desempeño a través de los errores. Al menos un estudio ha tratado de hacer la distinción, no en términos de cuál proceso explica los hallazgos conductuales y electrofisiológicos, sino en qué medida esos distintos procesos tienen lugar a partir de distintas estructuras cuyo papel funcional hasta el momento no estaba claro (Swick & Turken, 2002). A continuación haremos una breve reseña de algunos estudios en este campo y sus implicaciones teóricas.

Estudios de imagen

Los lóbulos frontales influyen en el funcionamiento del resto de la corteza en buena parte gracias a los circuitos que establecen con estructuras subcorticales como el tálamo y los ganglios basales. Uno de los circuitos que más se ha asociado con el control en el desempeño es el circuito cingulado anterior (e.g. Passingham, Bengtsson & Lau, 2010).

El circuito cingulado anterior se origina en la corteza cingulada anterior ((CCA), área 24 de Brodmann) y proyecta al estriado ventral, de allí a la porción rostromedial del globo pálido, luego al tálamo y finalmente de regreso a la CCA. Del estriado ventral hay proyecciones hacia los globos pálidos y la sustancia negra, cuyas eferencias alcanzan el área tegmental ventral, la habénula, el hipotálamo, la amígdala y el núcleo dorsomedial del tálamo, completando el circuito (Tekin

& Cummins, 2002). La porción caudal de la corteza frontal medial estaría relacionada con las acciones, en tanto la corteza más orbital se asocia a los resultados (Amodio & Frith, 2006).

En un estudio realizado por Garavan et al. (2002), los errores en una tarea go/no-go se asociaban con la activación medial que incluía la CCA, en tanto que las alteraciones comportamentales posteriores al error (Rabbitt & Rodgers, 1977) se asociaban a la CCA y la corteza izquierda prefrontal. Se ha propuesto que con el aprendizaje, la corteza prefrontal medial podría llegar a predecir la posibilidad de cometer errores al reconocer pistas predictivas de tasas altas de errores, pero esta hipótesis no ha encontrado apoyo en estudios recientes (e.g. Nieuwenhuis, Schweizer, Mars, Botvnick & Hajcak, 2007).

El sistema para la detección de errores comparte parcialmente estructuras con regiones del cerebro que están involucradas en la competencia e inhibición de respuestas. En un estudio realizado por Menon, Adelman, White, Glover & Reiss (2001) se encontró que la porción rostral de la CCA, la corteza cingulada posterior y las cortezas insulares anteriores derecha e izquierda, se activaban sólo durante el procesamiento de errores, pero no en la competencia, inhibición, selección o ejecución de respuestas.

Esta actividad a nivel insular podría estar relacionada con las respuestas autonómicas que se asocian con los errores percibidos conscientemente (Ullsperger, Harsay, Wessel & Ridderinkhof, 2010).

Se ha sugerido que el papel de la CCA radica en el señalamiento de la ocurrencia de conflictos en el procesamiento de información, activando ajustes compensatorios en el control cognitivo (Botvinick et al., 2004; Magno et al., 2006). No obstante, es importante considerar que si bien la actividad registrada en este tipo de tareas puede estar vinculada a estas regiones, en realidad éstas forman parte de amplios circuitos (como el de Papez) y es muy probable que los cambios que en ellas se observan sean consecuencia de procesamiento más amplio que incluye a otras estructuras (Luu, Tucker, Derryberry, Reed & Poulsen, 2003).

El efecto de la retroalimentación después de cometer errores fue analizado por Ullsperger y von Cramon (2003), quienes en un estudio en el que utilizaron resonancia magnética funcional, encontraron que la retroalimentación positiva activaba el estriado ventral (núcleo accumbens) en tanto la negativa hacía lo propio con el área motriz cingulada rostral, la ínsula anteroinferior y el epítalamo.

En lo que respecta a la distinción entre estructuras relacionadas con los errores propios y los ajenos, Shane, Stevens, Harenski & Kiehl (2008) identificaron en un estudio reciente áreas relacionadas con la observación de los errores cometidos por otros: en particular la porción rostral/ventral de la CCA y la Corteza Parietal Inferior (CPI); aparentemente, la CPI serviría para distinguir las acciones propias de las ajenas, y la CCA permitiría una comprensión mediada por el contexto de los errores cometidos por los otros. En este sentido, otros estudios han mostrado activaciones similares ante los errores propios y ajenos, sugiriendo que se utilizarían los mismos mecanismos para evaluar el desempeño propio y el ajeno (Shane et al., 2008; Yu & Zhou, 2006).

Uddin, Iacoboni, Lange y Keenan (2007) han propuesto que las áreas de neuronas espejo frontoparietales constituyen la base para la conjunción de información propia y ajena a través de mecanismos de estimulación motriz, en tanto que las estructuras de la línea media procesan información acerca de sí mismo y de los otros de una manera más abstracta y evaluativa. La corteza medial prefrontal aparentemente media los procesos metacognitivos que pueden ser usados para autoevaluaciones directas y reflejadas en función de las demandas de una tarea específica (Ochsner et al., 2005).

Potenciales relacionados con eventos (PREs)

Psicológicamente, los Potenciales relacionados con eventos (PREs) representan manifestaciones neuronales de actividades específicas de procesamiento de información asociadas con un estímulo o una respuesta (Bartholow & Amodio, 2009; Gehring et al., 1993). El análisis de los PREs que acompañan a los errores aporta evidencia sobre un proceso neural cuya actividad está específicamente asociada con la monitorización y la compensación del comportamiento erróneo (Gehring et al.). Se han estudiado cuatro componentes como vinculados a la monitorización de errores: la Negatividad relacionada con el error (ERN o Ne), la Positividad relacionada con el error (Pe) y dos componentes vinculados con la retroalimentación: la Negatividad Relacionada con la Retroalimentación o Feedback Related Negativity (FRN) y el P300 asociado con la retroalimentación (fP300). Si bien, en la práctica estos componentes pueden ser tratados como reflejo del procesamiento del error, no hay consenso entre los investigadores sobre si realmente hay un proceso común subyacente o en realidad tanto los procesos cognitivos como la base anatomofisiológica de éstos son distintos; hasta ahora, los instrumentos de los que disponemos no han dejado claras esas diferencias (Simons, 2010). Según algunos

autores, el poder explicativo de componentes como la Pe ha sido subestimado, ya que este componente podría reflejar de manera más pura que los otros la detección de error, sin sus consecuencias o aspectos motivacionales (Steinhauser & Yeung, 2011).

Alteraciones en la monitorización del error y el procesamiento de la retroalimentación

Tanto la autorregulación en general como la ME en particular se relacionan con estructuras cerebrales específicas, por lo que las lesiones que involucran a estos sistemas suelen disminuir las capacidades de la persona para detectar los errores en su propio desempeño. Las alteraciones pueden ocurrir tanto en el desarrollo, como es el caso del trastorno por déficit de atención (e.g. Wiersema, van der Meere & Roeyers, 2009), autismo (Sokhadze et al., 2010), el síndrome de Tourette (Eichele et al., 2010), en las enfermedades psiquiátricas (e.g. Brazil et al., 2011; Menon et al., 2001), en las lesiones cerebrales (e.g. Vuilleumier, 2004), en los trastornos degenerativos (e.g. Falkenstein et al., 2001), o incluso en abuso de sustancias (e.g. Sokhadze, Stewart, Hollifield & Tasman, 2008) y en adultos disléxicos (e.g. Horowitz-Kraus & Breznitz, 2009).

Las alteraciones metacognitivas debidas a lesiones frontales pueden incluir una sobreestimación de las capacidades propias, falta de conciencia de los déficits adquiridos, incapacidad para aprender de la experiencia y pobre utilización de la retroalimentación para modificar las estrategias de resolución de problemas (Eslinger, 2008).

A partir de una mejor comprensión de los mecanismos que subyacen a la monitorización de los errores en el desempeño, se podrían diseñar mejores programas de intervención para personas de las poblaciones que se han descrito (e.g. Ownsworth, McFarland & McYoung, 2000). Se cuenta ya sobre todo con estudios de caso y algunos estudios de grupo en los que se ha demostrado que intervenciones orientadas a la mejora en la metacognición tienen un efecto favorable en la ME y el desempeño en general de personas con lesiones cerebrales. Carter y van Veen (2007) han sugerido que algunas alteraciones de la cognición y el comportamiento, como la esquizofrenia y el trastorno obsesivo compulsivo, podrían ser comprendidas como el resultado de funciones de monitorización del desempeño alteradas.

Procesamiento vicario y no contingente del error

En las últimas dos décadas se han realizado numerosos estudios en los

que la monitorización del error ha sido abordada a partir de errores ajenos. El aprendizaje observacional tiene en parte como base la detección de los errores cometidos por otros y la observación de las estrategias que se ponen en marcha para su corrección. En el plano conductual, un estudio de Nuñez Castellar, Notabaert, van den Bossche y Fias (2011) mostró que los tiempos de reacción en una tarea tipo Flanker se modifican cuando los participantes responden a la tarea y observan a otros respondiendo (que pueden ser una computadora o un participante real), en función de la manera en que observadores y observados interactúan (cooperación o competencia). Ver a alguien que ejecuta una tarea no sólo modifica el funcionamiento del sistema de detección de errores en quien observa, sino que también tiene efectos sobre aquel que es observado: en un estudio que utilizó resonancia magnética (Radke, de Lange, Ullsperger & de Bruijn, 2011) se encontró que cuando un participante cometía errores que sólo afectaban a sí mismo, la activación predominante se daba a nivel de la corteza frontal medial posterior, en tanto que si los errores afectaban a los otros, se producía una activación específica de la corteza prefrontal medial.

Por otra parte, otros estudios también han intentado obtener los componentes neurofisiológicos

asociados con el procesamiento del error de manera no contingente, es decir, no vinculados de manera inmediata al desempeño. En este sentido, la FRN ha sido ya estudiada con retroalimentación no vinculada a una respuesta. Donkers, Nieuwenhuis y van Boxtel (2005) realizaron un experimento de apuestas en el que obtuvieron una negatividad mediofrontal similar a la FRN, con voltajes más negativos para las pérdidas que para las ganancias, donde la amplitud de esta forma de onda similar a FRN correlacionó positivamente con la amplitud de una FRN típica, obtenida ante las retroalimentaciones negativas en una tarea de estimación temporal.

Diversos experimentos en los que se evalúa la detección observacional de errores han considerado como variable la cercanía entre los participantes. En algunos casos se contrasta a los participantes conocidos con los extraños, e incluso en otros se compara a participantes “reales” con el desempeño de una computadora. En un estudio reciente realizado por Wu, Leliveld y Zhou (2011), los participantes recibían propuestas en el “juego del dictador” que podían ser justas o injustas, y eran atribuidas a personas socialmente cercanas o distantes; se encontró que una negatividad mediofrontal (NMF) se asociaba con una violación de las expectativas (ofertas injustas hechas por alguien socialmente cercano, pero no las

hechas por un extraño), en tanto que un P300 mostraba mayor amplitud cuando las ofertas eran justas, independientemente de a quién eran atribuidas.

Conclusiones

En resumen, el reconocimiento de la existencia de un mecanismo dedicado a la detección de errores y sus consiguientes bases neurales ha permitido la elaboración de un conjunto de teorías acerca de cómo y dónde se detectan y procesan los errores, permitiendo diferenciar la monitorización del desempeño propio de la monitorización vicaria. A pesar de los distintos modelos explicativos actuales sobre el error, lo más sensato es que lleguemos a postular la existencia de un sistema más complejo pero integrador, donde cada uno de los aspectos involucrados en la emisión, detección y corrección del error sean abarcados, y es en este sentido en el que los estudios sobre la monitorización vicaria desempeñan un papel más importante. Por último, la búsqueda incesante de los sustratos neurales que subyacen a este sistema, comprende tanto la identificación de los mismos como el orden temporal en el que se involucran. A responder la primera de estas interrogantes contribuyen de manera prioritaria los estudios de imagen con alta resolución espacial (ej. resonancia magnética funcional), mientras que herramientas como los

PREs parecen brindar un sustantivo aporte a la comprensión de la segunda.

Referencias

Amodio, D. M., & Frith, C. D. (2006). Meeting of minds: The medial frontal cortex and social cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 7, 268-277.

Banfield, J. F., Wyland, C. L., Macrae, C. N., Münte, T. F., & Heatherton, T. F. (2007). The cognitive neuroscience of self-regulation. En: R. F. Baumeister & K. D. Vohs (Eds.). *Handbook of self-regulation. Research, theory, and applications* (pp. 62-83). Nueva York, NY: Guilford.

Bartholow, B. D., & Amodio, D. M. (2009). Using event-related brain potentials in social psychological research. A brief review and tutorial. En E. Harmon-Jones & J. S. Beer (Eds.). *Methods in social neuroscience* (pp.198-232). Nueva York, NY: Guilford.

Bellebaum, C., Rustemeier, M., & Daum, I. (2012). Positivity effect in healthy aging in observational but not active feedback-learning. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 19, 402-420.
doi:10.1080/13825585.2011.629289

Bengtsson, S. L., Dolan, R. J., & Passingham, R. E. (2011). Priming for

self-esteem influences the monitoring of one's own performance. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 6, 417-425. doi:10.1093/scan/nsq048

Bettcher, B. M., & Giovannetti, T. (2009). From cognitive neuroscience to geriatric neuropsychology: What do current conceptualizations of the action error handling process mean for older adults? *Neuropsychology review*, 19, 64-84. doi: 10.1007/s11065-009-9081-6

Blavier, A., Rouy, E., Nyssen, A. S., & De Keyser, V. (2005). Prospective issues for error detection. *Ergonomics*, 48, 758-781. doi:10.1080/00140130500123670

Botvinick, M. M., Cohen, J. D., & Carter, C. S. (2004). Conflict monitoring and anterior cingulate cortex: an update. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 539-546. doi: 10.1016/j.tics.2004.10.003

Brazil, I. A., Mars, R. B., Bulten, B. H., Buitelaar, J. K., Verkes, R. J., & De Bruijn, E. R. A. (2011). A neurophysiological dissociation between monitoring one's own and others' actions in psychopathy. *Biological Psychiatry*, 69, 693-699.

Carter, C. S., & van Veen, V. (2007). Anterior cingulate cortex and conflict detection: an update of theory and data. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 7, 367-379. doi: 10.3758/CABN.7.4.367

- Dhar, M., Wiersema, J. R., & Pourtois, G. (2011). Cascade of neural events leading from error commission to subsequent awareness revealed using EEG source imaging. *PLoS One*, 6, e19578. doi: 10.1371/journal.pone.0019578
- Donkers, F. C., Nieuwenhuis, S., & van Boxtel, G. J. (2005). Mediofrontal negativities in the absence of responding. *Cognitive Brain Research*, 25, 777-787. doi: 10.1016/j.cogbrainres.2005.09.007
- Dubois, B., Pillon, B., & Sirigu, A. (1998). Fonctions intégratrices et cortex préfrontal chez l'homme. En X. Seron & M. Jannerod (Eds.). *Neuropsychologie humaine* (2a ed.) pp. 453-470. Lieja: Mardaga.
- Eichele, H., Eichele, T., Hammar, A., Freyberger, H. J., Hugdahl, K., & Plessen, K. J. (2010). Go/NoGo performance in boys with Tourette syndrome. *Child Neuropsychology*, 16, 162-168.
- Elton, M., Spaan, M., & Ridderinkhof, K. R. (2004). Why do we produce errors of commission? An ERP study of stimulus deviance detection and error monitoring in a choice go/no-go task. *European Journal of Neuroscience*, 20, 1960-1968. doi: 10.1111/j.1460-9568.2004.03631.x
- Eppinger, B., Mock, B., & Kray, J. (2009). Developmental differences in learning and error processing: evidence from ERPs. *Psychophysiology*, 46, 1043-1053. doi: 10.1111/j.1469-8986.2009.00838.x
- Eslinger, P. J. (2008). The frontal lobe: executive, emotional and neurological functions. En P. Mariën & J. Abutalebi (Eds.). *Neuropsychological research. A review*. (pp. 379-408). Nueva York, NY: Psychology Press.
- Falkenstein, M., Hielscher, H., Dziobek, I., Schwarzenau, P., Hoormann, J., Sundermann, B., & Hohnsbein J. (2001). Action monitoring, error detection, and the basal ganglia: an ERP study. *Neuroreport*, 12, 157-161.
- Falkenstein, M., Hoormann, J., Christ, S., & Hohnsbein, J. (2000). ERP components on reaction errors and their functional significance: a tutorial. *Biological Psychology*, 51, 87-107. doi:10.1016/S0301-0511(99)00031-9
- Fiehler, K., Ullsperger, M. & von Cramon, D. Y. (2005). Electrophysiological correlates of error correction. *Psychophysiology*, 42, 72-82. doi:10.1111/j.1469-8986.2005.00265.x
- Fleming, J. M., & Ownsworth, T. (2006). A review of awareness interventions in brain injury rehabilitation. *Neuropsychological Rehabilitation*, 16, 474-500. doi:10.1080/09602010500505518

- Garavan, H., Ross, T. J., Murphy, K., Roche, R. A. P., & Stein, E. A. (2002). Dissociable executive functions in the dynamic control of behavior: Inhibition, error detection, and correction. *Neuroimage*, 17, 1820-1829. doi:10.1006/nimg.2002.1326
- Gehring, W. J., Goss, B., Coles, M. G., Meyer, D. E., & Donchin, E. (1993). A neural system for error detection and compensation. *Psychological Science*, 4, 385-390.
- Hämmerer, D., Li, S. C., Müller, V., & Lindenberger, U. (2011). Life span differences in electrophysiological correlates of monitoring gains and losses during probabilistic reinforcement learning. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23, 579-592.
- Hart, T., Giovannetti, T., Montgomery, M. W., & Schwartz, M. F. (1998). Awareness of errors in naturalistic action after traumatic brain injury. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 13, 16-28.
- Holroyd, C. B., & Coles, M. G. (2002). The neural basis of human error processing: Reinforcement learning, dopamine, and the error-related negativity. *Psychological Review*, 109, 679-709. doi:10.1037/0033-295X.109.4.679
- Holroyd, C. B., Larsen, J. T., & Cohen, J. D. (2004). Context dependence of the event-related brain potential associated with reward and punishment. *Psychophysiology*, 41, 245-253. doi:10.1111/j.1469-8986.2004.00152.x
- Horowitz-Kraus, T., & Breznitz, Z. (2009). Can the error detection mechanism benefit from training the working memory? A comparison between dyslexics and controls- An ERP study. *Plos ONE*, 4, e7141.
- Jentsch, I., & Dudschig, C. (2009). Why do we slow down after an error? Mechanisms underlying the effects of posterror slowing. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62, 209-218. doi:10.1080/17470210802240655
- Kiehl, K. A., Liddle, P. F., & Hopfinger, J. B. (2000). Error processing and the rostral anterior cingulate: An event-related fMRI study. *Psychophysiology*, 37, 216-223. doi:10.1111/1469-8986.3720216
- Luu, P., Tucker, D. M., Derryberry, D., Reed, M., & Poulsen, C. (2003). Electrophysiological responses to errors and feedback in the process of action regulation. *Psychological Science*, 14, 47-53. doi:10.1111/1467-9280.01417
- Magno, E., Foxe, J. J., Molholm, S., Robertson, I. H., & Garavan, H. (2006). The anterior cingulate and error avoidance. *The Journal of neuroscience*, 26, 4769-4773. doi: 10.1523/JNEUROSCI.0369-06.2006

- Menon, V., Adleman, N. E., White, C. D., Glover, G. H., & Reiss, A. L. (2001). Error-related brain activation during a Go/NoGo response inhibition task. *Human brain mapping, 12*, 131-143.
- Nieuwenhuis, S., Schweizer, T. S., Mars, R. B., Botvinick, M. M., & Hajcak, G. (2007). Error-likelihood prediction in the medial frontal cortex: A critical evaluation. *Cerebral Cortex, 17*, 1570-1581. doi:10.1093/cercor/bhl068
- Núñez Castellar, E., Notebaert, W., van den Bossche, L., & Fias, W. (2011). How monitoring other's actions influences one's own performance. Post-error adjustments are influenced by the nature of the social interaction. *Experimental psychology, 58*, 499-508. doi: 10.1027/1618-3169/a000118
- Ochsner, K. N., Beer, J. S., Robertson, E. R., Cooper, J. C., Gabrieli, J. D., Kihlstrom, J. F., & D'Esposito, M. (2005). The neural correlates of direct and reflected self-knowledge. *Neuroimage, 28*, 797-814. doi:10.1016/j.neuroimage.2005.06.069
- Ownsworth, T. L., McFarland, K., & McYoung, R. (2000). Self-awareness and psychosocial functioning following acquired brain injury: An evaluation of a group support programme. *Neuropsychological Rehabilitation, 10*, 465-484. doi:10.1080/09602010050143559
- Ownsworth, T. L., Quinn, H., Fleming, J., Kendall, M., & Shum, D. (2010). Error self-regulation following traumatic brain injury: A single case study evaluation of metacognitive skills training and behavioural practice interventions. *Neuropsychological Rehabilitation, 20*, 59-80. doi: 10.1080/09602010902949223
- Passingham, R. E., Bengtsson, S. L., & Lau, H. C. (2010). Medial frontal cortex: From self-generated action to reflection on one's own performance. *Trends in cognitive sciences, 14*, 16-21. doi: 10.1016/j.tics.2009.11.001
- Rabbitt, P. M. A., & Rodgers, B. (1977). What does a man do after he makes an error? An analysis of response programming. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 29*, 727-743. doi:10.1080/14640747708400645
- Radke, S., De Lange, F. P., Ullsperger, M., & De Bruijn, E. R. A. (2011). Mistakes that affect others: An fMRI study on processing of own errors in a social context. *Experimental brain research, 211*, 405-413.
- Reason, J., (1990). *Human error*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.

- Ridderinkhof, K. R., Ullsperger, M., Crone, E. A., & Nieuwenhuis, S. (2004). The role of the medial frontal cortex in cognitive control. *Science*, 306, 443-447.
- Santesso, D. L., Segalowitz, S. J., & Schmidt, L. A. (2005). ERP correlates of error monitoring in 10-year olds are related to socialization. *Biological Psychology*, 70(2), 79-87. doi:10.1016/j.biopsycho.2004.12.004
- Sellen, A. J. (1994). Detection of everyday errors. *Applied Psychology*, 43, 475-98. doi:10.1111/j.1464-0597.1994.tb00841.x
- Shane, M. S., Stevens, M., Harenski, C. L., & Kiehl, K. A. (2008). Neural correlates of the processing of another's mistakes: a possible underpinning for social and observational learning. *Neuroimage*, 42, 450-459. doi:10.1016/j.neuroimage.2007.12.067
- Simons, R. F. (2010). The way of our errors: Theme and variations. *Psychophysiology*, 47, 1-14. doi:10.1111/j.1469-8986.2009.00929.x
- Sokhadze, E., Baruth, J., El-Baz, A., Horrell, T., Sokhadze, G., Carroll, T., & Casanova, M. F. (2010). Impaired error monitoring and correction function in autism. *Journal of Neurotherapy*, 14, 79-95. doi:10.1080/10874201003771561
- Sokhadze, E., Stewart, C., Hollifield, M., & Tasman, A. (2008). Event-related potential study of executive dysfunctions in a speeded reaction task in cocaine addiction. *Journal of Neurotherapy*, 12, 185-204.
- Steinhauser, M., & Yeung, N. (2010). Decision processes in human performance monitoring. *The Journal of neuroscience*, 30, 15643-15653. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1899-10.2010
- Swick, D., & Turken, U. (2002). Dissociation between conflict detection and error monitoring in the human anterior cingulate cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99, 16354-16359. doi:10.1073/pnas.252521499
- Taylor, S. F., Stern, E. R., & Gehring, W. J. (2007). Neural systems for error monitoring: Recent findings and theoretical perspectives. *Neuroscientist*, 13, 160-172. doi:10.1177/1073858406298184
- Tekin, S., & Cummings, J. L. (2002). Frontal-subcortical neuronal circuits and clinical neuropsychiatry: An update. *Journal of psychosomatic research*, 53, 647-654.
- Uddin, L. Q., Iacoboni, M., Lange, C., & Keenan, J. P. (2007). The self and social cognition: The role of cortical midline structures and mirror neurons. *Trends in Cognitive Sciences*, 11,

153-157.

doi:10.1016/j.tics.2007.01.001

Ullsperger, M., Harsay, H. A., Wessel, J. R., & Ridderinkhof, K. R. (2010). Conscious perception of errors and its relation to the anterior insula. *Brain Structure and Function*, 214, 629-643.

Ullsperger, M., & von Cramon, D. Y. (2001). Subprocesses of performance monitoring: A dissociation of error processing and response competition revealed by event related fMRI and ERPs. *Neuroimage*, 14, 1387-1401. doi: 10.1006/nimg.2001.0935

Ullsperger, M., & von Cramon, D. Y. (2003). Error monitoring using external feedback: Specific roles of the habenular complex, the reward system, and the cingulate motor area revealed by functional magnetic resonance imaging. *The Journal of Neuroscience*, 23, 4308-4314.

Vocat, R., Pourtois, G. & Vuilleumier, P. (2008). Unavoidable errors: A spatio-temporal analysis of time-course and neural sources of evoked potentials associated with error processing in a speeded task. *Neuropsychologia*, 46, 2545-2555. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2008.04.006

Vuilleumier, P. (2004). Anosognosia: The neurology of beliefs and *Psychophysiology*, 49, 413-420. doi:10.1111/j.14698986.2011.01312.x

uncertainties. *Cortex*, 40, 9-17. doi:10.1016/S0010-9452(08)70918-3

Wiersema, J. R., van der Meere, J. J., & Roeyers, H. (2005). ERP correlates of impaired error monitoring in children with ADHD. *Journal of Neural Transmission*, 112, 1417-1430.

Wu, Y., Leliveld, M. C., & Zhou, X. (2011). Social distance modulates recipient's fairness consideration in the dictator game: an ERP study. *Biological Psychology*, 88, 253-62. doi:10.1016/j.biopsycho.2011.08.009

Yeung, N., Botvinick, M. M., & Cohen, J. D. (2004). The neural basis of error detection: Conflict monitoring and the error-related negativity. *Psychological review*, 111, 931-959. doi:10.1037/0033-295X.111.4.931

Yu, R., & Zhou, X. (2006). Brain potentials associated with outcome expectation and outcome evaluation. *Neuroreport*, 17, 1649-1653. doi:10.1097/01.wnr.0000236866.39328.1d

Zeman, A. (2006). What do we mean by "conscious" and "aware"? *Neuropsychological Rehabilitation*, 16, 356-376. doi:10.1080/09602010500484581

Zottoli, T. M., & Grose-Fifer, J. (2012). The feedback-related negativity (FRN) in adolescents.

Efecto del metilfenidato sobre el consumo de alimentos con diferente palatabilidad en ratas expuestas prenatalmente al alcohol

Jorge Juárez & Eliana Barrios De Tomasi

Laboratorio de Farmacología y Conducta, Instituto de Neurociencias. CUCBA, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.

Correspondencia: Dr. Jorge Juárez. Laboratorio de Farmacología y Conducta. Instituto de Neurociencias, Universidad de Guadalajara. Francisco de Quevedo 180, Col. Arcos Vallarta, Guadalajara, Jal. MÉXICO. CP 44130. Tel: (33) 37771150 Ext. 33368 y 33369. Correo electrónico: jjuares@cencar.udg.mx

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar si la facilitación de la actividad dopaminérgica por metilfenidato (MF) incrementa el valor incentivo de un alimento palatable y por tanto, su consumo, particularmente en animales prenatalmente expuestos a alcohol.

Ratas hembras Wistar tratadas prenatalmente con alcohol (ALC) o solución isocalórica (ISO), recibieron en la adultez MF o vehículo (VEH). Los cuatro grupos conformados pasaron por 5 fases: 1) acceso sólo a alimento estándar (AE); 2) acceso simultáneo AE y nuez de macadamia como alimento palatable (AP); 3) tratamiento con MF o VEH cada tercer día, previo al acceso secuencial a 3h de AP y 18h de AE; 4) acceso a ambos alimentos, y 5) sólo acceso a AE.

El AP fue preferido sobre el AE. El tratamiento con MF no afectó el consumo de AP, pero sí decremento el de AE, particularmente en el grupo ISO/MF. Posterior al tratamiento con MF y VEH, los consumos de AP y de kilocalorías totales se incrementaron significativamente en todos los grupos, sin modificación del peso corporal. El consumo de AE y kilocalorías, así como el peso corporal tuvieron sus valores más bajos en la fase 5.

El tratamiento con MF, no facilitó el consumo de AP. El restringir el

acceso al AP durante el tratamiento con MF o VEH, parece haber exacerbado sus propiedades gratificantes. Se sugiere que el consumo de una dieta alta en grasas no saturadas puede producir una alteración de los mecanismos de regulación alimentaria y/o un cambio en las propiedades gratificantes del alimento estándar nutricionalmente balanceado.

Palabras clave: Conducta alimentaria, metilfenidato, alcohol prenatal, dopamina, alimento palatable.

Effect of methylphenidate on food intake with different palatability in rats prenatally exposed to alcohol

Summary

The aim of the present study was to investigate if the dopaminergic activation by methylphenidate (MF) increases the incentive value of a palatable food and then increases its consumption, particularly in animals exposed prenatally to alcohol.

Wistar female rats prenatally treated either with alcohol (ALC) or with an isocaloric solution (ISO) were treated with MF or vehicle (VEH) in adulthood. Four groups derived from these treatments were exposed to 5 experimental phases: 1) access to standard food (AE); 2) simultaneous access to AE and macadamia nut as palatable food (AP); 3) treatment with MF or VEH each other day, previous to AP access (3h/day) and then 18h/day of AE access; 4)

simultaneous access to AE and AP, and 5) only access to AE.

AP was preferred over AE. Methylphenidate treatment did not affect the AP consumption, but decreased AE intake, particularly in ISO/MF group. Palatable food and total caloric consumption increase significantly, but body weight remains without changes in all groups after MF and VEH treatment. Standard food and caloric consumption, as well as body weight showed the lowest values in phase 5.

Palatable food was not affected by MF treatment. Restriction of AP during MF and VEH seems to have enhanced its rewarding characteristics. Results suggest that a high no-saturated fat diet may produce changes in regulation mechanisms of feeding and/or a change in the rewarding properties of a nutritionally balanced food as AE.

Key words: Feeding behavior, methylphenidate, prenatal alcohol, dopamine, palatable food.

Introducción

La ingesta calórica cotidiana que supera el gasto energético promedio al día puede dar como resultado diferentes grados de sobrepeso que incluso puede llegar a la obesidad mórbida. Los alimentos ricos en carbohidratos y grasas generalmente comparten características de alta palatabilidad que propician su consumo por encima de los requerimientos nutricionales indispensables para el adecuado

funcionamiento integral del organismo. Se ha descrito que el consumo compulsivo de alimento puede considerarse una conducta adictiva, ya que se ha observado, en modelos animales, que al retirar la disponibilidad de un alimento palatable y preferido, se observan conductas que remedan aquellas observadas en el síndrome de abstinencia al retirar una droga de abuso (Avena, Rada & Hoebel, 2009; Corwin & Grigson, 2009). El aspecto hedónico juega un papel muy importante en la parte motivacional de la conducta alimentaria, tanto en su fase apetitiva como en la consumatoria y en este aspecto, la dopamina es un neurotransmisor que está involucrado directamente. Se conoce que el consumo de alimentos palatables incrementa la liberación de dopamina (Martel & Fantino, 1996; Robinson, Rainwater, Hnasko & Palmiter, 2007; Geiger et al., 2009) y opioides (Zhang, Gosnell & Kelley, 1998), el primero, al parecer está más relacionado con la fase apetitiva y los segundos con la fase consumatoria. Es así que bajo un periodo moderado de privación (12hrs), la naltrexona, un antagonista opioide, inhibe el atracón producido por la privación de alimento durante las 2hrs posteriores a su administración, lo cual parece indicar un decremento en los efectos gratificantes del alimento (Barrios De Tomasi & Juárez, 2011). También se ha descrito que el acceso limitado a un estímulo gratificante como es el azúcar, puede producir cambios en

los sistemas dopaminérgico y opioide similares a los observados en la conducta adictiva (Avena, Rada & Hoebel, 2008); sin embargo, el papel preciso de los diferentes sistemas de neurotransmisión sobre los aspectos motivacionales de la conducta alimentaria aún no está claro.

La importancia de la dopamina en la ingesta alimentaria se ha hecho evidente a través de estudios en ratones que genéticamente son incapaces de sintetizar dopamina debido a la inactivación de la enzima tirosina hidroxilasa; estos roedores se vuelven gradualmente hipofágicos después del nacimiento y mueren en el curso de tres semanas de edad postnatal, a menos que se les administre L-DOPA, un precursor en la síntesis de dopamina que no requiere de esa enzima para su transformación (Szczypka et al., 1999). En este mismo sentido, alteraciones genéticas que producen decremento en los niveles de dopamina están asociadas al incremento en el consumo (Shinohara et al., 2004) y el deseo exacerbado (Sobik, Hutchison & Craighead, 2005) de alimentos con alto contenido en carbohidratos y grasas. Se conoce que la liberación de dopamina por encima de sus niveles basales está asociada a la presencia de estímulos novedosos, relevantes e inesperados; de esta manera, la exposición a un alimento palatable novedoso produce un incremento en el disparo de neuronas secretoras de dopamina del área

tegmental ventral (ATV), lo cual se ve reflejado en un incremento en los niveles de este neurotransmisor en el núcleo accumbens (Norgren, Hajnal, & Mungarndee, 2006).

Se ha descrito, por otra parte, que la exposición a alcohol en la etapa prenatal produce una alteración en las neuronas dopaminérgicas del ATV, lo cual se manifiesta por un decremento en la actividad basal de estas neuronas (Choong & Shen, 2004a; Choong & Shen, 2004b; Shen, Hanningan & Kapatos, 1999; Shen, Choong & Thompson, 2006; Wang, Haj-Dahmane & Shen, 2006; Xu & Shen, 2001). Esta actividad muestra un patrón normal cuando los animales son tratados con metilfenidato (Choong & Shen, 2004b; Xu & Shen, 2001), un psicoestimulante que inhibe la recaptura de dopamina e incrementa los niveles de este neurotransmisor. Al considerar que un consumo exacerbado de alimento puede estar asociado a una alteración en la actividad dopaminérgica y que la exposición a un estímulo gratificante produce una elevación en los niveles de dopamina incrementando el valor incentivo de ese estímulo, nos planteamos la hipótesis de que la facilitación de la actividad dopaminérgica a través de la administración de metilfenidato podría incrementar el valor incentivo de un alimento palatable y así incrementar su consumo, particularmente en aquellos organismos con una alteración previa

de este sistema de neurotransmisión producida por la exposición prenatal a alcohol.

Método

Sujetos

Se utilizaron 36 hembras Wistar procedentes del bioterio del Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara. Los sujetos se mantuvieron bajo un ciclo de luz oscuridad de 12-12h (inicio del ciclo de luz 6:00 am) a una temperatura de 23 ± 1 °C durante todo el experimento. Los consumos tanto de nuez de macadamia como de alimento estándar se midieron todos los días a las 10 am, el peso corporal fue registrado cada tercer día. El cuidado y uso de los animales en este estudio así como todos los procedimientos de manipulación, fueron realizados de acuerdo a The Guide for the Care and Use of Laboratory Animals (Institute of Laboratory Animal Resources, Commission on Life Sciences, National Research Council, 1996).

Tratamiento prenatal

La exposición a alcohol prenatal en hembras gestantes ha sido utilizado y descrito por Choong y Shen (2004b), brevemente: 6 ratas hembras Wistar gestantes fueron asignadas aleatoriamente a dos grupos y tratadas del día 8 al 20 de gestación con uno de dos tratamientos; al grupo tratado con alcohol prenatal (ALC), se le administró intragástricamente una concentración de 20% de alcohol

(dosis 6g/kg) en dos tomas diarias (3g/kg) con una separación de 5 horas cada dosis; excepto durante el fin de semana en los cuales se les administró una dosis única de 4gr/kg de peso corporal. El grupo control (ISO) recibió el mismo volumen de una solución de sacarosa (30% w/v) como sustituto isocalórico del alcohol.

A la edad de 60 días, las hembras de las camadas tratadas prenatalmente con alcohol o solución isocalórica fueron separadas en cajas individuales (30 × 40 × 15 cm) y a la edad de 65 días fueron expuestas a diferentes condiciones experimentales descritas a continuación.

Fase de línea base 1 (LB1)

Después de que se determinaron los consumos del periodo de línea base (6 días) con sólo acceso a alimento estándar (croqueta) (AE), los sujetos se ordenaron de mayor a menor y se asignaron alternadamente a cuatro grupos de 9 animales cada uno (ALC/MF, ISO/MF, ALC/VEH, ISO/VEH) con el fin de que todos los grupos iniciaran el estudio con una ingesta promedio homogénea con base en sus consumos de alimento durante este periodo de LB1.

Fase de línea base 2 (LB2)

En este periodo, las ratas tuvieron libre acceso a alimento estándar y alimento palatable (AP) (nuez de macadamia (dieta rica en grasas)) por 12 días. La nuez de macadamia es una fuente rica en energía (Tabla

1). Cada 100 g de nuez de macadamia proporciona aproximadamente 718 calorías y 77.5 gramos de grasa total, que es uno de los valores más altos entre los frutos secos.

	PROTEINAS	LIPIDOS	CARBOHIDRATOS	KCAL
AP	7.8	78	4	767
AE	29	6	59	407

Tabla 1. Valor calórico de alimento palatable (AP) y alimento estándar (AE) en 100gr.

Fase de tratamiento (T)

Después de los dos periodos de línea base, dos grupos (ALC/MF, ISO/MF) fueron tratados con MF, mientras que los otros 2 grupos (ALC/VEH, ISO/VEH) recibieron solución salina (VEH). El metilfenidato (MF (Ritalin® 10mg, Novartis)) fue disuelto en solución salina y administrado intraperitonealmente a una dosis de 3mg/kg/día en un volumen de 0.5ml. El volumen inyectado fue calculado de acuerdo al peso corporal de cada hembra para administrar la dosis correcta de MF. La solución salina fue inyectada en un volumen fijo de 0.5 ml/rata. Ambos tratamientos fueron administrados cada tercer día, del día 83 al 92 de edad postnatal. En estos días de tratamiento, las ratas fueron privadas de alimento durante 3 horas (09 a.m.-12 p.m.), media hora antes de este plazo, es decir a las 11:30, cada grupo fue tratado con inyecciones ya sea de MF o solución salina y media hora después tuvieron acceso por 3 horas

a la nuez de macadamia como único alimento, posteriormente, se retiró la nuez de macadamia y tuvieron acceso a 18 horas *ad libitum* de alimento estándar. El agua estuvo disponible las 24 horas del día a libre demanda.

Dado que las inyecciones se aplicaron cada tercer día, en aquellos días sin tratamiento, los sujetos tuvieron acceso a alimento estándar y agua *ad libitum* las 24 horas del día.

Fases de Post-tratamiento (PT)

Al día siguiente de la última dosis de MF o VEH, los 4 grupos fueron expuestos a 24h/día a ambos alimentos, es decir, nuez de macadamia y alimento estándar, más agua a libre demanda durante 12 días (PT1). Posteriormente, el alimento palatable fue retirado y las ratas fueron expuestas solamente al alimento estándar y agua durante 12 días adicionales (PT2).

Análisis estadístico

Se realizó, ya sea, análisis de varianza (ANDEVA) de un factor (Grupos) o análisis de varianza mixto de dos factores, grupos (ISO/MF, ALC/MF, ISO/VEH, ALC/VEH) vs periodos (LB1, LB2, T, PT1, PT2), para los consumos de nuez de macadamia, alimento estándar, kilocalorías y ganancia de peso corporal. Pruebas de Tukey se realizaron como comparaciones post hoc y el nivel de significación se estableció en $p \leq 0.05$.

Resultados

El consumo de alimento palatable y alimento estándar en el periodo de tratamiento, fue analizado utilizando una ANDEVA de un factor, grupo (ISO/MF, ALC/MF, ISO/VEH, ALC/VEH). No se observaron diferencias significativas en el consumo del alimento palatable entre los grupos a diferencia del alimento estándar donde se encontró que ALC/VEH consumió significativamente mayor cantidad que ISO/MF ($F(3,16)=3.73$, $p=0.0332$); además se observó una tendencia de los grupos con MF a consumir menos alimento estándar que los grupos con VEH independientemente del tratamiento prenatal (Figura 1 A y B).

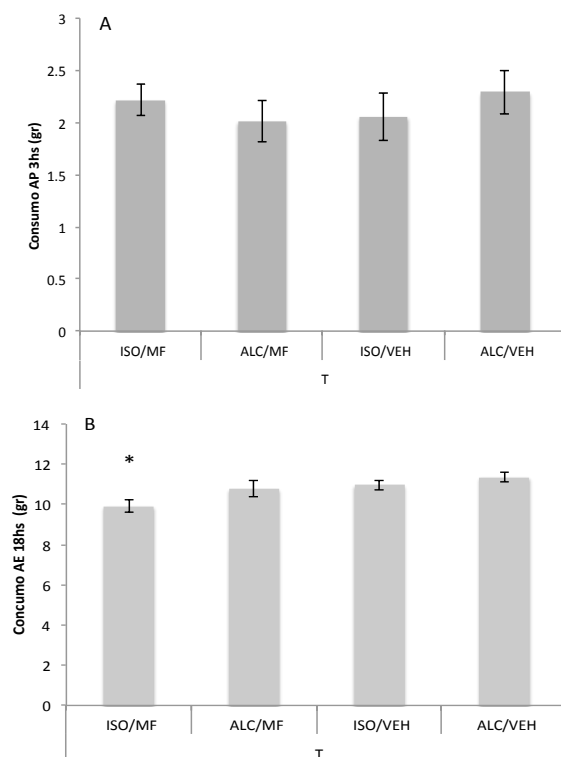


Figura 1. Consumo de alimento palatable (A) en las 3 horas de acceso posteriores a la administración de metilfenidato (MF) o

solución salina (VEH) en los grupos tratados prenatalmente con alcohol (ALC) o solución isocalórica (ISO). Consumo de alimento estándar (B) en las 18 horas posteriores a las 3 h de acceso al AP. Las barras indican la media $\pm$ ES, $p=0.0332$. * ALC/VEH > ISO/MF.

El consumo de alimento en gramos (Figura 2A) y su equivalente en Kcal (Figura 2B) durante las fases de LB2 y PT1 donde los sujetos tenían acceso las 24h/día a ambos alimentos, se analizó con un ANDEVA de dos factores (grupos X fases) para alimento palatable y estándar por separado. No se observaron diferencias significativas en el consumo de alimento estándar, tanto en gramos como en su equivalente en kilocalorías entre las fases LB2 y PT1; sin embargo, la ingesta de alimento palatable fue significativamente mayor en PT1, fase posterior al tratamiento con MF y VEH, tanto en su consumo en gramos ($F(1,32)=39.17$, $p<0.0001$) como para su equivalente en kilocalorías ($F(1,32)=35.91$, $p<0.0001$) en todos los grupos.

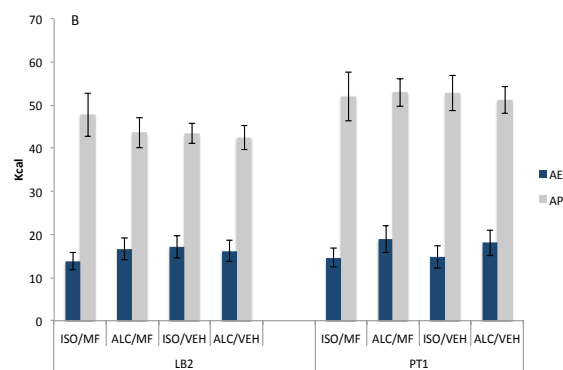
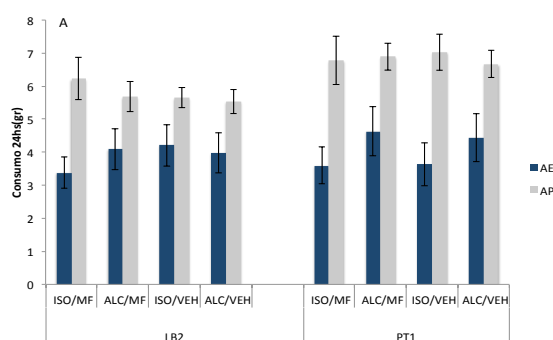


Figura 2. Consumo de alimento estándar (AE) y alimento palatable (AP) en gr (A) y en kcal (B) durante las fases de línea base 2 (LB2) y pos-tratamiento 1 (PT1) en los grupos tratados prenatalmente con alcohol (ALC) o solución isocalórica (ISO) y con tratamiento postnatal de metilfenidato (MF) y vehículo (VEH). Las barras indican la media $\pm$ ES. $PT1>LB2$ para el consumo de AP en gramos y kilocalorías.

El consumo total de kilocalorías durante las diferentes fases (LB1, LB2, T, PT1, PT2) fue analizado utilizando un ANDEVA mixto de dos factores (grupo X fase), donde dependiendo de la fase, tenían acceso a AE (LB1, PT2) o AE + AP (LB2, T, PT1). No se observaron diferencias significativas entre grupos ni en los resultados de la interacción entre los factores grupo y fase; sin embargo, en el factor fase se observó que LB1 fue significativamente mayor que LB2, T, PT1 y PT2; PT1 mayor a LB2, T, PT2, y PT2 significativamente menor que LB2 y T ($F(4,128)=77.09$, $p<0.0001$) independientemente del grupo (Figura 3).

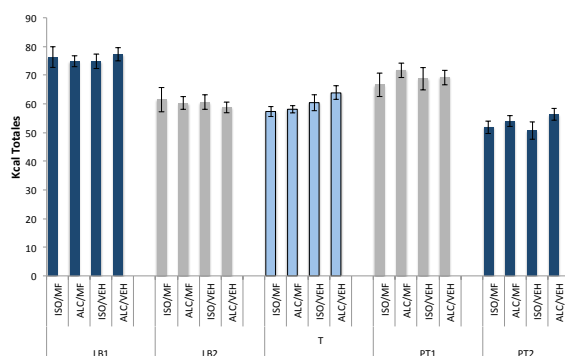


Figura 3. Consumo de kilocalorías (Kcal) totales en los grupos tratados prenatalmente con alcohol (ALC) o solución isocalórica (ISO) y con tratamiento postnatal de metilfenidato (MF) y vehículo (VEH) durante todas las fases del estudio: línea base 1 (LB1), línea base 2 (LB2), tratamiento (T), postratamiento 1 (PT1) y postratamiento 2 (PT2). Las barras indican la media $\pm$ ES. LB1>LB2, T, PT1 y PT2; PT1>LB2, T y PT2; PT2<LB2 y T.

El valor de la ganancia de peso corporal se obtuvo restando el valor del peso corporal del último día menos el del primer día de cada fase dividido entre el número de días de esa fase. Se realizó un ANDEVA de dos factores (grupo X fase), el cual indicó que en LB1 hubo una ganancia de peso corporal significativamente mayor que en T, PT1 y PT2; al mismo tiempo en LB2 y en PT1, el peso corporal fue significativamente mayor a T y PT2 ($F(4,128)=36.86$, $p<0.0001$), (Figura 4).

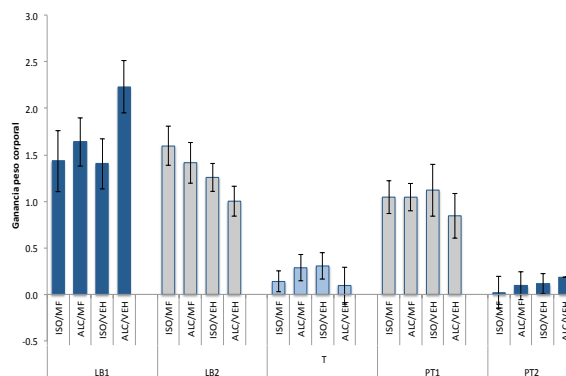


Figura 4. Ganancia de peso corporal en los grupos tratados prenatalmente con alcohol (ALC) o solución isocalórica (ISO) y con tratamiento postnatal de metilfenidato (MF) y vehículo (VEH) durante todas las fases del estudio: línea base 1 (LB1), línea base 2 (LB2), tratamiento (T), postratamiento 1 (PT1) y postratamiento 2 (PT2). Las barras indican la media $\pm$ ES. LB1>T, PT1 y PT2; LB2>T y PT2; PT1>T y PT2.

Discusión y Conclusiones

Nuestros resultados muestran que el alimento palatable fue preferido por encima del alimento estándar nutricionalmente balanceado en todos los grupos de ratas estudiadas. La nuez de macadamia es un alimento que contiene aproximadamente 70% de grasas no saturadas respecto al total de su contenido nutrimental. Es bien conocido que los alimentos con un contenido alto en carbohidratos o grasas suelen tener características de alta palatabilidad y muestran un alto índice de preferencia. La nuez de macadamia confirma estas características, y hasta donde sabemos, no se había usado como

alimento palatable en este tipo de estudios.

El tratamiento con metilfenidato no incrementó el consumo del alimento palatable durante la fase aguda y tampoco después de haber terminado dicho tratamiento. Nos habíamos planteado que al facilitar la actividad dopaminérgica previamente a la exposición del alimento palatable, se incrementaría el valor incentivo del alimento, no por un aumento de su valor hedónico, más bien por un incremento en su relevancia como estímulo, lo cual, sabemos, puede influir en su experiencia gratificante. Este planteamiento está basado en el hecho de que los niveles de dopamina son incrementados cuando se presenta un estímulo relevante y una vez que el estímulo se hace familiar, aunque sea gratificante, los niveles de dopamina decrecen (Matsumoto & Hikosaka, 2009). El metilfenidato inhibe la recaptura de dopamina en la terminal presináptica, pero también lo hace para la noradrenalina, así, es posible que el incremento en la disponibilidad de ambos neurotransmisores, con este tratamiento, haya influido en el efecto que en condiciones de liberación endógena, es privativo de la dopamina. Por otra parte, los psicoestimulantes tienen efectos anoréxicos, lo cual podría explicar el decremento en el consumo de alimento estándar en la fase aguda del tratamiento con metilfenidato. El que sólo haya ocurrido en el grupo

con tratamiento prenatal con solución isocalórica posiblemente se deba a que el incremento en la actividad dopaminérgica producida por el metilfenidato tuvo una acción compensatoria, que se ha descrito, tiene este psicoestimulante sobre el disparo de neuronas dopaminérgicas en los sujetos tratados prenatalmente con alcohol (Choong & Shen, 2004b; Xu & Shen, 2001). Al tomar en cuenta que el consumo exacerbado de alimento se ha asociado a una deficiencia dopaminérgica (Shinohara et al., 2004), nos planteamos que la restauración de la actividad dopaminérgica por metilfenidato en los animales tratados prenatalmente con alcohol, facilitaría el consumo de alimento palatable; sin embargo, no ocurrió así, lo cual sugiere, en primer lugar, que un decremento en la actividad de neuronas dopaminérgicas no afecta el consumo de un alimento palatable y en segundo, que cuando esta actividad neuronal es restablecida a su valores normales, el consumo de este alimento no es exacerbado.

Uno de los hallazgos relevantes del presente estudio fue el incremento significativo en el consumo de alimento palatable en la fase posterior al tratamiento con metilfenidato y vehículo en todos los grupos; en este sentido, se ha descrito que cuando la presentación del alimento palatable se hace intermitente se vuelve más apetecible (Corwin, 2006; Avena et al., 2009). Además, se ha descrito que si la

presentación del estímulo se hace impredecible, se observa un incremento en los niveles de dopamina (Matsumoto & Hikosaka, 2009; Asaad & Eskandar, 2011; Schultz, 2013). El haber presentado el alimento cada tercer día durante 3 horas, después de haber estado expuesto continuamente a él, reunió las características de intermitencia y posiblemente de impredecibilidad, lo cual es probable que haya generado un incremento en el valor incentivo del alimento, explicando así el incremento en su consumo cuando ocurrió su re-exposición. Este efecto no presentó características compensatorias que indicara que el incremento en el consumo de un alimento fuese a expensas de un decremento en el otro, ya que el consumo del alimento estándar no se modificó en ese período de post-tratamiento y además el consumo en kilocalorías también fue significativamente mayor que el período previo al tratamiento. Fue de llamar la atención que no obstante el incremento significativo en el consumo de alimento palatable y de kilocalorías totales ingeridas, la ganancia de peso corporal no se modificó e incluso se decrementó de manera no significativa en este período con respecto al previo al tratamiento. Sin embargo, esta aparente paradoja podría explicarse en términos de que los animales venían de una fase de tratamiento con mínima ganancia de peso corporal, por lo cual, la recuperación del peso requirió de cierto tiempo.

La siguiente pregunta por contestar es ¿por qué si el consumo en kilocalorías totales fue similar en la línea base 2 y en el período de tratamiento, la ganancia de peso corporal fue significativamente más baja en este último período? Es posible que el metilfenidato haya ejercido uno de los efectos de los psicoestimulantes que es el de incrementar la actividad motriz; de esta manera, si hubo mayor gasto de energía al haber mayor actividad corporal, sin modificar la ingesta calórica, la ganancia de peso es menor. No obstante, tenemos la certeza de que el metilfenidato produce este efecto de hiperactividad (Wooters et al., 2011; Thanos et al., 2010; Juárez y Vázquez-Cortés, 2010), pero no tenemos la evidencia de que haya ocurrido así en el presente estudio.

Finalmente, otro hallazgo importante fue que en el período de post-tratamiento 2, en donde se expuso a las ratas nuevamente sólo al alimento estándar, el consumo de éste fue menor al observado en la fase de línea base 1 en donde también sólo estuvieron expuestos al alimento estándar y el consumo en kilocalorías fue significativamente menor en ese período de PT2 que en cualquiera otra fase del estudio. Adicionalmente, la ganancia de peso corporal mostró sus valores más bajos en esta misma fase, y fue significativamente inferior a todas las demás fases con excepción de la fase de tratamiento.

El eliminar un alimento palatable y preferido de la dieta, pudo haber producido un efecto de anhedonia que hizo que los animales ingirieran una menor cantidad de alimento estándar. Los resultados también sugieren que el consumo de una dieta alta en grasas no saturadas puede producir una alteración de los mecanismos de regulación alimentaria y/o un cambio en las propiedades gratificantes del alimento, aun cuando éste sea nutricionalmente balanceado.

Nuestros resultados muestran que el incremento en la disponibilidad de catecolaminas previo a la exposición de un alimento palatable no favoreció su consumo, en cambio la exposición restringida a períodos cortos y de manera intermitente, sí parece favorecer selectivamente su consumo de manera significativa.

Referencias

- Asaad, W. F., & Eskandar, E. N. (2011). Encoding of both positive and negative reward prediction errors by neurons of the primate lateral prefrontal cortex and caudate nucleus. *Journal of Neuroscience*, 31(49), 17772-17787.
- Avena, N. M., Rada, P., & Hoebel, B. G. (2008). Evidence for sugar addiction: behavioral and neurochemical effects of intermittent, excessive sugar intake. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 32, 20-39.
- Avena, N. M., Rada, P., & Hoebel, B. G. (2009). Sugar and fat bingeing have notable differences in addictive-like behavior. *The Journal of Nutrition*, 139(3), 223-228.
- Barrios De Tomasi, E., & Juárez, J. (2011). Differential effects of chronic naltrexone treatment on food intake patterns and body weight in rats depend on their food deprivation status. *European Journal of Pharmacology*, 650(1), 261-267.
- Choong, K., & Shen, R. (2004a). Prenatal ethanol exposure alters the postnatal development of the spontaneous electrical activity of dopamine neurons in the ventral tegmental area. *Neuroscience*, 126(4), 1083-91.
- Choong, K. C., & Shen, R. Y. (2004b). Methylphenidate restores ventral tegmental area dopamine neuron activity in prenatal ethanol-exposed rats by augmenting dopamine neurotransmission. *The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 309, 444-451.
- Corwin, R. L. (2006). Bingeing rats: a model of intermittent excessive behavior? *Appetite*, 46, 11-15.
- Corwin, R. L., & Grigson, P. S. (2009). Symposium overview-food addiction: fact or fiction? *Journal of Nutrition*, 139, 617-619.

- Geiger, B. M., Haburcak, M., Avena, N. M., Moyer, M. C., Hoebel, B. G., & Pothos, E. N. (2009). Deficits of mesolimbic dopamine neurotransmission in rat dietary obesity. *Neuroscience*, 59, 1193-1199.
- Juárez, J., & Vázquez-Cortés, C. (2010). Corticosterone treatment before puberty sensitizes the effect of oral methylphenidate on locomotor activity in preadolescence and produces differential effects in adulthood. *Brain Research*, 1346:195-203.
- Martel, P., & Fantino, M. (1996). Influence of the amount of food ingested on mesolimbic dopaminergic system activity: a microdialysis study. *Pharmacology Biochemistry Behavior*, 55, 297-302.
- Matsumoto, M., & Hikosaka, O. (2009). Two types of dopamine neuron distinctly convey positive and negative motivational signals. *Nature*, 59(7248), 837-841.
- Norgren, R., Hajnal, A., & Mungarndee, S. (2006). Gustatory reward and the nucleus accumbens. *Physiology and Behavior*, 89, 531-535.
- Robinson, S., Rainwater, A. J., Hnasko, T. S., & Palmiter, R. D. (2007). Viral restoration of dopamine signaling to the dorsal striatum restores instrumental conditioning to dopamine-deficient mice. *Psychopharmacology*, 191, 567-578.
- Schultz, W. (2013). Updating dopamine reward signals. *Current Opinion in Neurobiology*, 23(2), 229-38.
- Shen R. Y., Choong, K. C., & Thompson, A. C. (2006). Long-term reduction in ventral tegmental area dopamine neuron population activity following repeated stimulant or ethanol treatment. *Biological Psychiatry*, 61(1), 93-100 .
- Shen, R. Y., Hanningan, J. H., & Kapatos, G. (1999). Prenatal ethanol reduces the activity of adult midbrain dopamine neurons. *Alcoholism Clinical and Experimental Research*, 23, 1801-1807.
- Shinohara, M., Mizushima, H., Hirano, M, Shioe, K., Nakazawa, M., Hiejima, Y., et al. (2004). Eating disorders with binge-eating behavior are associated with the s allele of the 3'-UTR VNTR polymorphism of the dopamine transporter gene. *Journal of Psychiatry and Neuroscience*, 29, 134-137.
- Sobik, L., Hutchison, K., & Craighead, L. (2005). Cue-elicited craving for food: a fresh approach to the study of binge eating. *Appetite*, 44, 253-261.
- Szczypka, M. S., Rainey, M. A., Kim, D. S., Alaynick, W. A., Marck, B. T., Matsumoto, A. M., et al (1999). Feeding behavior in dopamine-

deficient mice. *Proceedings of the National Academic of Science USA*, 96(21), 12138–12143.

Thanos, P. K., Ivanov, I., Robinson, J. K., Michaelides, M., Wang, G. J., Swanson, J. M., et al. (2010). Dissociation between spontaneously hypertensive (SHR) and Wistar–Kyoto (WKY) rats in baseline performance and methylphenidate response on measures of attention, impulsivity and hyperactivity in a visual stimulus position discrimination task. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 94(3), 374–379.

Wang, J., Haj-Dahmane, S., & Shen, R. (2006). Effect of prenatal ethanol exposure on the excitability of ventral tegmental area dopamine neurons in vitro. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 319, 857–863.

Wooters, T. E., Bardo, M. T., Dwoskin, L. P., Midde, N. M., Gomez, A. M., Mactutus, C. F. et al. (2011). Effect of environmental enrichment on methylphenidate-induced locomotion and dopamine transporter dynamics. *Behavioral Brain Research*, 219(1), 98–107

Xu, C., & Shen, R. Y. (2001) Amphetamine normalizes the electrical activity of dopamine neurons in the ventral tegmental area following prenatal ethanol exposure. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics* 297, 746–752.

Zhang, M., Gosnell, B. A., & Kelley, A. E. (1998). Intake of high-fat food is selectively enhanced by mu opioid receptor stimulation within the nucleus accumbens. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 285, 908–914.

A

Auto-administración oral de alcohol: cambios sobre la tasa de respuesta, peso corporal y patrones de consumo en ratas

Eder Espinoza Becerra

Doctorado en Ciencia del
Comportamiento, Orientación
Neurociencia. CUCBA, Universidad
de Guadalajara

Héctor Martínez Sánchez

Instituto de Neurociencias. CUCBA,
Universidad de Guadalajara

Correspondencia: Héctor Martínez/ Eder
Espinoza. Instituto de Neurociencias,
Universidad de Guadalajara. Francisco de
Quevedo 180, Col. Arcos Vallarta,
Guadalajara, Jal. MÉXICO. C.P. 44130 Tel.:
(52) (33) 38 18 07 40 Ext. 33367

Correo electrónico: hectorm@cencar.udg.mx
eder.espinoza.becerra@gmail.com

Agradecimientos: Durante la elaboración de
esta investigación, Eder Espinoza recibió una
beca de posgrado del Consejo Nacional de
Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México.

Resumen

En los estudios operantes relacionados con el consumo de alcohol se ha observado que el tipo de programa de reforzamiento, la genética, efectos farmacológicos, la privación o la saciedad, pueden ser factores determinantes al considerar la motivación del sujeto para ingerir alcohol. Evaluar los cambios sobre el consumo de alcohol, la tasa de respuesta, el peso corporal, la ingesta de alimento y líquido cuando el requerimiento para acceder a la ingesta de alcohol es presionar una palanca bajo un programa de reforzamiento, constituyen una estrategia experimental de relevancia. Con esta finalidad, nueve ratas *Wistar* fueron asignadas aleatoriamente a uno de tres grupos ($n=3$). Para un grupo se estableció un programa de reforzamiento con agua de Razón Fija (RF11) durante 10 días consecutivos, y posteriormente beber alcohol fue inducido hasta llegar al 10% v/v bajo el mismo programa de reforzamiento. En la siguiente fase, los sujetos fueron reforzados con alcohol 10% v/v durante 10 días, seguidos de 15 días de reforzamiento con agua sin alcohol. Otro grupo fue expuesto a las mismas condiciones experimentales pero no recibió inducción al alcohol. El experimento terminó después de que el ciclo alcohol-agua fuera repetido dos veces más para ambos grupos. Un grupo control fue reforzado sólo con

agua durante todas las fases y nunca recibió alcohol. Para todos los grupos, la comida estuvo disponible libremente fuera de la sesión experimental. Se discuten los resultados comparando los efectos conductuales del procedimiento de inducción al alcohol y el reforzamiento con agua y alcohol.

Palabras clave: inducción al alcohol, auto-administración oral, conducta operante, consumo de comida, peso corporal, presión de palanca, ratas.

Oral self-administration of alcohol: changes on response rate, body weight and consumption patterns in rats.

Abstract

In operant studies related to alcohol consumption has been observed that the type of reinforcement schedule, genetic, pharmacological effects and deprivation or satiety, are factors that play an important role on alcohol drinking motivation. Evaluate the changes on alcohol consumption, rate of response, body weight, food and liquid intake when the requirement for alcohol intake access is to press lever under a schedule of reinforcement in rats, is a relevant experimental strategy. For this purpose, nine Wistar rats were randomly assigned to one of three groups ($n = 3$).

For one group was established a schedule of reinforcement Fixed Ratio (FR11) with water as reinforcer for 10

consecutive days and then drinking alcohol was induced to reach 10% v/v under the same schedule of reinforcement.

In the next phase, the subjects' responses were reinforced with alcohol (10% v/v) for 10 days followed by 15 days of water as reinforcement but in the absence of alcohol. Another group was exposed to the same experimental conditions but did not receive alcohol induction. The experiment ended after the alcohol-water cycle was repeated twice more. A control group was reinforced only with water during all phases and never received alcohol. For all groups, food was freely available outside the experimental session. The results comparing the behavioral effects of alcohol induction procedure and reinforcement with water and alcohol are discussed.

Keywords: alcohol induction, oral self-administration, operant behavior, food consumption, body weight, lever press, rats.

Introducción

Los procedimientos de auto-administración oral de alcohol en ratas son considerados como herramientas pre-clínicas útiles para la evaluación de los efectos farmacológicos de nuevos medicamentos, así como para estudiar la etiología del abuso de la ingesta de alcohol y procesos de adicción (Carnicella, Yowell & Ron,

2011). Sin embargo, se han observado tres problemas principales al trabajar con auto-administración oral de diversas drogas en animales: a) el sabor aversivo; b) el retraso en el inicio de los efectos a nivel del sistema nervioso central; y c) el consumo de bajas cantidades de la sustancia. Como una forma de solución se han diseñado procedimientos en el laboratorio para inducir el consumo de un sabor o alimento nuevo. Por ejemplo, se puede emplear un procedimiento de inducción iniciando con una concentración baja de alcohol y gradualmente se incrementa el porcentaje o volumen de alcohol diluido en agua (Cunningham, Filder & Hill, 2000; Meish, 2001).

Veale y Myers (1969) desarrollaron un modelo para inducir a las ratas a consumir altos volúmenes de alcohol. En un experimento evaluaron como se afectaba la ingesta de alcohol cuando se exponía a los sujetos a una condición de consumo forzado de alcohol en comparación con sujetos que recibieron alcohol en una secuencia gradual (3% al 30%). Encontraron que los sujetos expuestos al alcohol sin tener un proceso de inducción bebieron una cantidad menor de la solución alcohol en comparación con aquellos a los que la exposición al alcohol fue gradual. Además, los sujetos que se expusieron a la inducción bebieron una cantidad mayor de alcohol (12%)

en comparación con los de consumo de agua.

Otro procedimiento de inducción al alcohol es inicialmente combinar un alto porcentaje de azúcar con uno bajo de alcohol, después se va reduciendo la proporción de azúcar y aumentando la de alcohol progresivamente hasta que se elimina el azúcar. Sin embargo, utilizar sacarosa o sacarina puede interferir con la absorción y metabolismo del alcohol (Cunningham, et al., 2000; Roberts, Heyser & Koob, 1999; Slaweck & Samson, 1997). Simms, Bito-Onon, Chatterjee y Bartlett (2010) realizaron un estudio con ratas de la cepa *Long-Evans* acerca de la auto-administración de alcohol (20%) en el que utilizaron una inducción al etanol diferente a la realizada con azúcar. En este estudio demostraron que los sujetos que tuvieron auto-administración de alcohol (20%) tres días por semana durante la inducción, consumieron significativamente más alcohol que aquellos sujetos a los cuales se les reforzó con alcohol (10%) y se les indujo al alcohol mediante el procedimiento de azúcar. Incluso reportaron diferencias significativas con un grupo reforzado también con alcohol (20%), pero para el cual la exposición al etanol durante la inducción fue diaria. Los resultados advierten que las ratas pudieron ser entrenadas para responder por alcohol (20%) como reforzador sin la necesidad de utilizar el procedimiento

de azúcar. Los autores reportaron un alto consumo de alcohol que fue mantenido durante varias semanas, así como altos niveles de concentraciones de alcohol en sangre.

De acuerdo con Mello (1973) un método conductual permite la identificación y manipulación posterior de determinantes ambientales que afectan la adquisición y mantenimiento de una conducta adictiva. Dentro de los modelos de auto-administración oral de alcohol se encuentran los de condicionamiento operante, dirigidos al estudio de las variables motivacionales relacionadas con el mantenimiento de beber alcohol. Típicamente, en estos modelos la rata tiene que trabajar (e.g., presionar una palanca) por alcohol, y es el experimentador quien determina un requisito de respuesta para obtener una cierta dosis (Vacca et al., 2002). Bajo estas condiciones la rata tiene que presionar la palanca un número determinado de veces o después de un tiempo para producir la presentación del alcohol (Meish & Thompson, 1973). Estos modelos han arrojado resultados que sugieren que la ingesta de alcohol se mantiene debido a sus efectos reforzantes. Por ejemplo, Hyytiä y Sinclair (1989) reportaron evidencia, demostrando que un grupo de ratas ingenuas aprendieron a trabajar por alcohol sin recurrir a ningún entrenamiento (e.g., moldeamiento) ni restricciones de hambre o sed. En su estudio tres

ratas de la cepa ALKO (*alcohol accepting*) fueron colocadas en cajas experimentales con dos palancas disponibles con las que podían elegir entre una solución de alcohol (10% v/v) o agua; sus resultados mostraron que el número de respuestas por alcohol incrementó a partir del octavo día mientras el consumo de agua fue decreciendo. Los autores concluyeron que las ratas aprendieron confiablemente a trabajar por alcohol.

Ritz, George y Meish (1989) evaluaron la efectividad del alcohol como reforzador utilizando ratas de las cepas ALKO y *Sprague-Dawley*. Con esa finalidad, se compararon los efectos de la selección y del tamaño de un programa de razón fija, variando el requerimiento de la razón fija y el porcentaje de alcohol, demostrando que el factor biológico influye en la conducta de ingerir alcohol. Las ratas ALKO expuestas a 8%, 16% y 32% de alcohol aumentaron su tasa de respuesta bajo un programa de reforzamiento razón fija (RF8), pero cuando el valor de la razón fija incrementó a RF16 y RF32, la tasa de respuesta decreció ligeramente. En comparación, las ratas de la cepa *Sprague-Dawley* tuvieron una tasa de respuesta mayor bajo los requerimientos RF8, RF16 y RF32. Estos datos sirvieron como soporte para concluir que estos porcentajes de etanol funcionaron como reforzadores para ambas cepas. Sin

embargo, bajo ninguna de las condiciones examinadas las ratas ALKO consumieron más alcohol que las *Sprague-Dawley*. Con esta evidencia, Ritz et al. (1989) asumieron que la genética y el tamaño de la razón fija pueden ser determinantes en el consumo de alcohol.

Meish y Thompson (1973) ya habían documentado que el valor de la razón fija es una variable relevante en la ingesta de alcohol. Estos autores utilizaron ratas de la cepa *Sprague Dawley* con alcohol al 8% como reforzador e incrementando gradualmente el valor de la razón fija. Al comparar entre ratas privadas de alimento y ratas saciadas, encontraron que en las ratas privadas de alimento aumentaron la tasa de respuesta por alcohol, siendo mayor el aumento en el valor RF16. En contraste y como se esperaba, hubo una reducción en la tasa de respuesta bajo la condición de saciedad de alimento.

Carnicella et al. (2011) entrenaron ratas de la cepa *Long-Evans* para la auto-administración oral de alcohol también bajo un modelo operante como procedimiento de inducción. Después de que las ratas fueron habituadas al alcohol en cajas-habitación, incrementaron gradualmente el porcentaje de alcohol de 2.5% a 60%. Estos autores reportaron un ajuste al consumo y patrón de respuesta de los sujetos

conforme se incrementó el porcentaje de alcohol, y consiguieron un nivel constante de alcohol en la sangre. Al incrementar el porcentaje de alcohol encontraron que la tasa de respuesta y los reforzadores obtenidos incrementaron gradualmente en las concentraciones de 2.5% a 10%, aunque después disminuyeron gradualmente en las concentraciones de 20% a 60%.

A pesar de la evidencia disponible, aún no es claro de qué manera el consumo de alcohol afecta la tasa de respuesta, el peso corporal, y la ingesta de alimento y líquido cuando el requerimiento para acceder a la ingesta de alcohol es presionar una palanca bajo un programa de reforzamiento con alcohol o agua. De esta manera podríamos comprobar si el alcohol adquiere propiedades reforzantes para mantener un nivel de actividad requerida sin emplear el procedimiento de inducción al alcohol con sacarosa o sacarina. Considerar al alcohol como un reforzador puede contribuir a ganar comprensión sobre variables motivacionales que intervienen en el mantenimiento de conductas de adicción o consumo excesivo en humanos. En los resultados de un estudio exploratorio obtuvimos indicios de que, bajo condiciones experimentales de auto-administración oral de alcohol, pueden detectarse efectos sobre tales parámetros (p. ej., la tasa de respuesta disminuyó en los sujetos que presionaban la palanca por

alcohol, y el consumo de líquido fue mayor para los sujetos que tienen acceso libre y continuo a la solución con alcohol). La pregunta es si existen diferencias cuando grupos de ratas *Wistar* son expuestas a periodos alternados en los que tienen que presionar una palanca con alcohol o agua como reforzador, sobre los siguientes parámetros: a) número de reforzadores obtenidos por sesión; b) peso corporal; c) consumo de alimento; d) tiempo de sesión; y, d) consumo de alcohol.

El objetivo de este estudio fue determinar los cambios en la ejecución y consumo de alimento y líquidos de ratas expuestas a un programa de reforzamiento (RF11) con agua o alcohol como reforzador, comparadas con ratas que sólo recibieron agua como reforzador bajo el mismo programa de reforzamiento, sirviendo como grupo control. Un segundo objetivo fue investigar si un procedimiento de inducción al alcohol produciría diferencias en la ejecución y consumos subsecuentes de alcohol o agua. Nuestra hipótesis es que si la inducción favorece las propiedades del alcohol como reforzador, los sujetos sin inducción al alcohol tendrán un menor número de respuestas en las fases de reforzamiento con alcohol, en comparación con los sujetos del grupo que sí se expuso al procedimiento de inducción.

Método

Sujetos

Se incluyeron 9 ratas hembras ingenuas de la cepa *Wistar* con 3 meses de edad al inicio del experimento, procedentes del Bioterio del Instituto de Neurociencias, alojadas en cajas-hogar individuales, mantenidas en un ciclo 12-12 horas de luz-oscuridad (7:00/19:00) y a una temperatura constante ($23\pm 2^\circ$ C). Las condiciones del experimento fueron aprobadas por el Comité de Ética del Instituto de Neurociencias.

Aparatos y Materiales

Para las sesiones experimentales se utilizaron dos cámaras de la marca *Lafayette instrument*, para el condicionamiento operante de ratas. En la pared frontal se encontraban dos palancas con una distancia horizontal entre ellas de 8 cm, y estaban ubicadas a 13 cm del piso de la cámara. En la parte superior de cada palanca se encontraba un foco de 28v, a una distancia de 7 cm; en la parte central entre las dos palancas había una abertura con un platillo que tenía la función de recibir el alcohol o el agua (0.1 ml) y ponerlos al alcance de los sujetos. Ambas cámaras estaban conectadas a una PC por medio de una interfase (*Abet* modelo 81401 y 81402). Para los programas de reforzamiento y el registro de las sesiones se usó el *software Abet*. Las cámaras experimentales se encontraban dentro de una caja amortiguadora de sonido que contó

con una luz de 28 v en el panel posterior a 1 cm del techo que funcionó como luz general. Estas cajas también evitaban que los sujetos tuvieran contacto visual con el exterior; la observación a los sujetos dentro de las cámaras se hizo mediante una pequeña ventana que sólo permitía la visión desde el exterior de la caja. Una vez terminada la sesión experimental, los sujetos eran colocados en cajas-habitación individuales donde recibían la ración de alimento diaria (50 g) en forma de croquetas de la marca *Rodent Laboratory Chow* con la fórmula nutricional: 3% de grasas, 23% de proteína, 7% de ceniza, 1% de calcio, 6% de fibra, 49% de E. L. N, 6% de fósforo y 12 % de humedad. Para el registro de peso de los sujetos se utilizó una báscula digital de marca *Lab-Tech*.

Procedimiento

Las sesiones experimentales iniciaron diariamente a las 10 de la mañana. Se registraban el consumo de alcohol y de alimento, y en seguida la rata era introducida a la cámara experimental. Una vez que el sujeto terminaba la sesión que podía durar un máximo de 30 minutos, se volvía a pesar a la rata, se regresaba a su caja-habitación, se rellenaban los bebederos y se suministraba el alimento en la caja-habitación. Todos los sujetos tuvieron acceso libre al alimento y fueron privados de agua durante 23 horas con un periodo de 20 minutos de acceso libre posterior a

la sesión experimental. Todos los sujetos fueron expuestos a una fase de adquisición y establecimiento de la razón fija (RF11). Una vez establecido el programa de reforzamiento, inició una fase (línea base) en la que cada sesión terminaba con un límite de tiempo de 30 minutos, o bien, 90 reforzadores obtenidos; lo que sucediera primero. Como criterio de estabilidad de ejecución bajo el programa de reforzamiento de razón fija se establecieron dos criterios: a) que el sujeto obtuviera el 80% de los reforzadores durante 10 días seguidos; o b) un máximo de 30 sesiones. Un grupo experimental (GI) fue expuesto al procedimiento de inducción al alcohol que se llevó a cabo en la siguiente secuencia: los sujetos fueron expuestos a la solución alcohol al 2% durante dos días y se incrementó el porcentaje 2% cada dos días hasta llegar al 10% de concentración de alcohol. Una vez terminada esta fase, las respuestas a la palanca fueron reforzadas con alcohol (10% v/v) durante 10 días, seguidos de 15 días de reforzamiento con agua. Este ciclo agua-alcohol se repitió dos veces más para finalizar el experimento. El otro grupo experimental (GN), exceptuando el procedimiento de inducción, fue expuesto a las mismas condiciones experimentales que el grupo GI. Un tercer grupo de ratas nunca recibió alcohol y sus respuestas fueron reforzadas con agua bajo las mismas condiciones que los grupos experimentales, sirviendo como grupo

control (GC). Los datos recolectados en cada sesión experimental fueron: la duración de la sesión, el número de respuestas y el consumo de alimento y de alcohol o agua.

Resultados

Debido a que el diseño del experimento es intra-sujeto, los datos están representados de forma individual para cada uno de los tres grupos a lo largo de las condiciones experimentales. Las líneas verticales en las gráficas de los grupos GI y GN representan las fases donde el reforzador era alcohol o agua según está indicado. Dado que las respuestas de los sujetos del grupo control (GC) solo fueron reforzadas con agua las líneas verticales fueron omitidas.

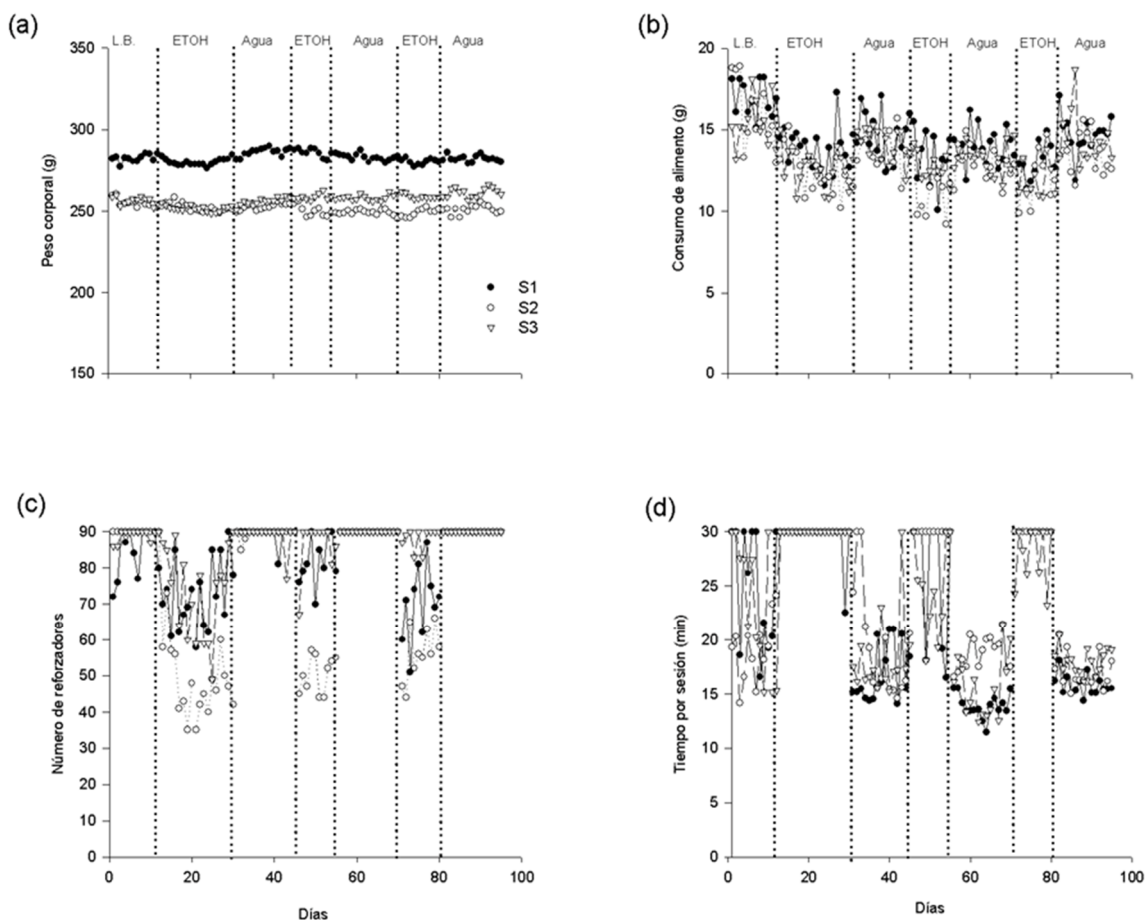
Peso corporal

El panel (a) de la Figura 1 muestra de manera individual el peso corporal en gramos para el grupo que recibió la inducción al alcohol (GI).

En general, los tres sujetos mostraron estabilidad en su peso corporal a lo largo de todo el experimento; S2 y S3 mantuvieron un peso corporal alrededor de los 260 g, en tanto S1 conservó el mayor peso corporal (280 g) del grupo.

Los sujetos del grupo sin inducción (GN) que aparecen en el panel (a) de la Figura 2 y los sujetos del grupo control (GC) en el panel (a) de la Figura 3, aunque mostraron variabilidad entre sujetos, también mostraron un patrón estable en su peso corporal a lo largo de todo el experimento (230-300 g y 230-260 g respectivamente).

Figura 1. Datos individuales por sesión y fase del grupo experimental (GI) que recibió el procedimiento de inducción al alcohol. El periodo de inducción fue después de la línea base (LB). ETOH significa alcohol como reforzador. El panel (a) representa el peso corporal en gramos; el panel (b) representa el consumo de alimento en gramos; el panel (c) representa el número de reforzadores obtenidos; el panel (c) representa el tiempo por sesión en minutos.



Consumo de alimento

El panel (b) de la Figura 1 muestra el consumo de alimento en gramos de los sujetos del grupo GI. Los tres sujetos mostraron un patrón de consumo similar, con un decremento de 18 a 13g durante los 30 primeros días, después de los cuales los tres sujetos mostraron variabilidad en un rango de entre 8 y 18 g. En el panel (b) de la Figura 2, la rata S1 del grupo GN mostró el consumo más alto (17 g) del grupo; en la primera fase de reforzamiento con alcohol el consumo de alimento disminuyó para los tres

sujetos (rango entre 14 y 9 g) y en la siguiente fase con alcohol el consumo estuvo entre 8 y 13 g. Durante las fases de reforzamiento con agua la ingesta de alimento incrementó con respecto a las fases previas de reforzamiento con alcohol (rango entre 7 y 18 g). En las siguientes fases de reforzamiento con alcohol el consumo de alimento disminuyó a un nivel como en las fases anteriores de reforzamiento con alcohol (rango: 11-15 g). El panel (b) de la Figura 3 muestra los datos del grupo GC con agua como reforzador, los tres

sujetos mostraron un patrón de consumo de alimento variable; S1 y S2 tuvieron un consumo entre 11 y 15 g, mientras para S3 su consumo

estuvo por arriba de los 15 g a lo largo de todas las sesiones experimentales.

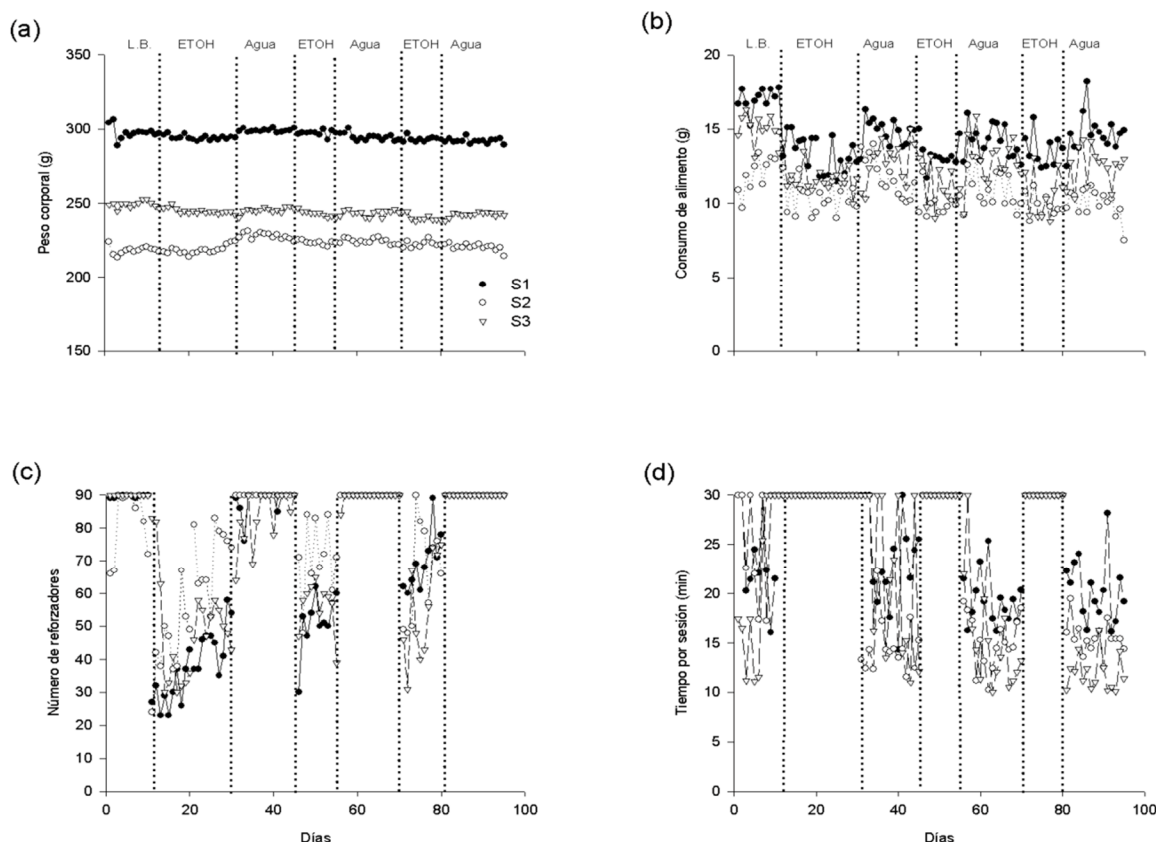


Figura 2. Datos individuales por sesión y fase del grupo experimental (GN) que no recibió el procedimiento de inducción al alcohol. ETOH significa alcohol como reforzador. El panel (a) representa el peso corporal en gramos; el panel (b) representa el consumo de alimento en gramos; el panel (c) representa el número de reforzadores obtenidos; el panel (d) representa el tiempo por sesión en minutos.

Número de reforzadores

En el panel (c) de la Figura 1 se muestran los datos individuales de los reforzadores obtenidos por sesión del grupo GI. El sujeto S1 en la fase de línea base mostró variabilidad durante la fase de inducción al alcohol (rango: 70-90 reforzadores) y

la siguiente fase de reforzamiento con alcohol disminuyó el número de reforzadores obtenidos, y comparado con la fase anterior de reforzamiento con agua mostró una mayor variabilidad (rango: 49-90 reforzadores). Durante la segunda fase de reforzamiento con agua el

número de reforzadores aumentó al máximo disponible (90 por sesión). En las siguientes fases de reforzamiento con alcohol los reforzadores obtenidos se redujeron en comparación con el obtenido en las fases de inducción y la primera de reforzamiento con alcohol (entre 50 y 90 reforzadores). El sujeto S2 en la línea base obtuvo 90 reforzadores en todas las sesiones. Al iniciar la inducción y la siguiente fase de reforzamiento con alcohol los reforzadores obtenidos disminuyeron y el patrón fue variable (entre 35 y 90 reforzadores). La siguiente fase de reforzamiento con agua fue estable obteniendo 90 reforzadores en casi todas las sesiones. En las siguientes fases de reforzamiento con alcohol disminuyó el total de reforzadores y un rango de variabilidad de entre 44 a 66 reforzadores. El sujeto S3 mostró estabilidad obteniendo 90 reforzadores en la mayoría de las sesiones de la línea base. En la fase de inducción mostró un decremento (rango 48-88) y en la siguiente fase de reforzamiento con alcohol, después del quinto día, aumentó el número de reforzadores obtenidos. Las siguientes fases de reforzamiento con agua y alcohol fueron estables, en la mayor parte de las sesiones obtuvo 90 reforzadores.

El panel (c) de la Figura 2 representa los datos del grupo GN. El sujeto S1 durante la línea base obtuvo el total de los 90 reforzadores en la mayoría de las sesiones. Durante la fase de

reforzamiento con alcohol el número de reforzadores obtenidos disminuyó hasta por debajo de los 40 reforzadores; en las siguientes dos fases con alcohol aumentaron los reforzadores con pero aún por debajo del nivel de la línea base. En la siguiente fase con agua obtuvo los 90 reforzadores en la mayoría de las sesiones de esta fase. Durante las siguientes fases con agua obtuvo los 90 reforzadores, mientras que en las fases de reforzamiento con alcohol, el número de reforzadores obtenidos fue menor. El sujeto S2 fue el que tuvo una mejor ejecución del grupo, aunque mostró variabilidad obtuvo más de 65 reforzadores por sesión durante la línea base. En la primera fase de reforzamiento con alcohol mantuvo la variabilidad y en la segunda incrementó a más de 60 reforzadores obtenidos. En la tercera fase con alcohol obtuvo menos reforzadores manteniendo la variabilidad. En todas las fases de reforzamiento con agua obtuvo 90 reforzadores. El sujeto S3 en la línea base obtuvo los 90 reforzadores durante todas las sesiones. En la primera fase de reforzamiento con alcohol durante siete sesiones obtuvo menos de 50 reforzadores. En la segunda fase de reforzamiento con alcohol obtuvo arriba de los 40 y por debajo de los 60, y en la tercera fase fluctuó en un rango de entre 30 y 75 los reforzadores obtenidos. Después de una primera fase en que perdió reforzadores, las siguientes dos fases de reforzamiento con agua consiguió

el total de reforzadores disponibles. El panel (c) de la Figura 3 representa los datos del grupo GC. En general los tres sujetos tuvieron una ejecución fluctuante más notoria en

las primeras sesiones pero terminaron obteniendo todos los reforzadores en las últimas 15 sesiones.

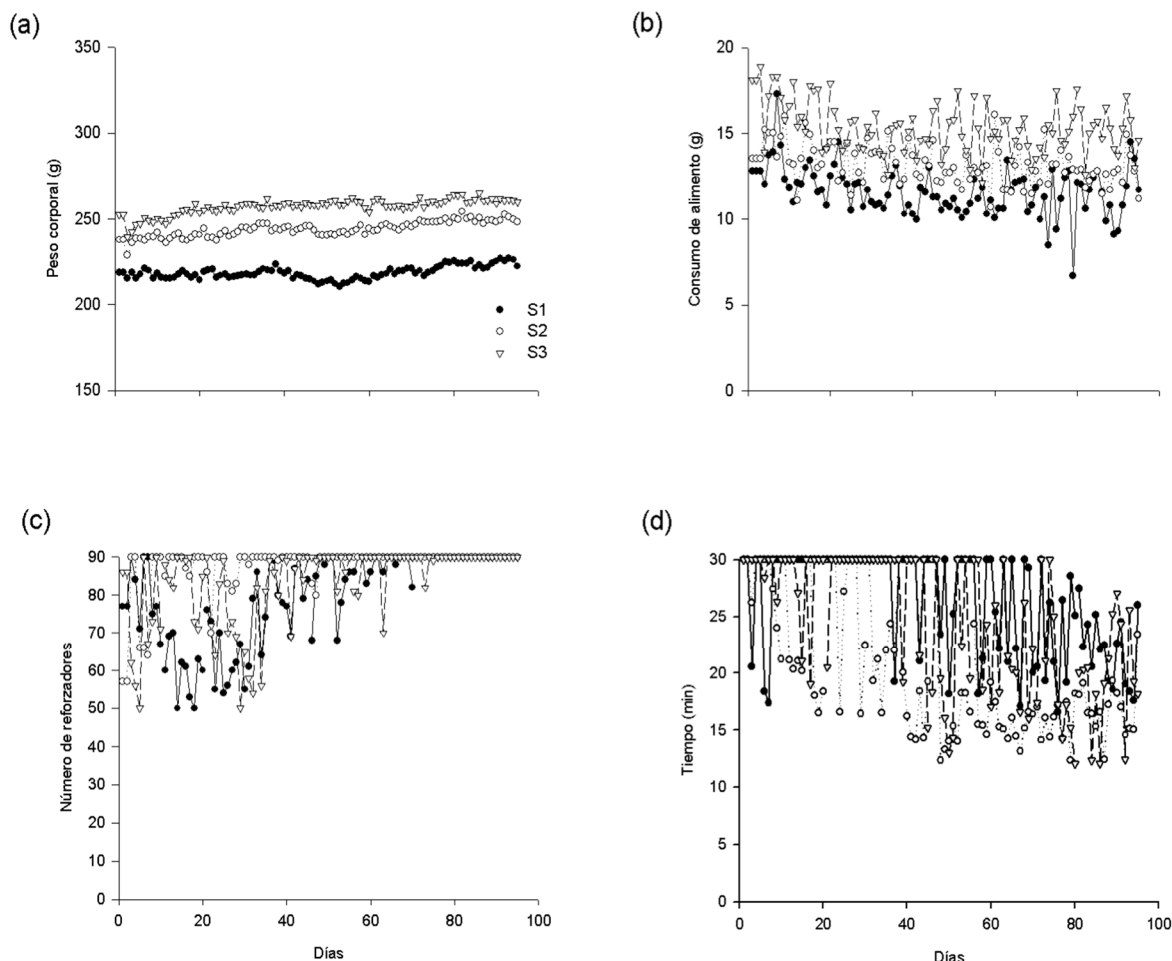


Figura 3. Datos individuales por sesión y fase del grupo control (GC) que no recibió alcohol en ninguna fase del experimento y siempre recibió agua como reforzador. El panel (a) representa el peso corporal en gramos; el panel (b) representa el consumo de alimento en gramos; el panel (c) representa el número de reforzadores obtenidos; el panel (d) representa el tiempo por sesión en minutos.

Tiempo por sesión

El panel (d) de la Figura 1 muestra la duración en segundos de cada sesión por cada sujeto del grupo GI. El sujeto S1 en la fase de inducción al alcohol, excepto el primer día, la

duración fue de 30 minutos. Durante la segunda fase de agua el tiempo por sesión disminuyó con respecto a la línea base. En la segunda fase de reforzamiento con alcohol la duración en la mayoría de las sesiones fue de

30 minutos. En las siguientes fases hubo un decremento en el tiempo por sesión con el agua como reforzador y un incremento cuando fue alcohol el reforzador. El sujeto S2 durante 7 días de línea base el tiempo de sesión fue menor a los 20 minutos, y exceptuando los dos primeros días de inducción al alcohol y los 10 días siguientes, la duración fue de 30 minutos. La segunda fase con agua fue igual a la línea base. En la segunda fase con alcohol la duración incrementó a 30 minutos. En las siguientes fases hubo un decremento en la de agua y un incremento en la de alcohol. El sujeto S3 en la línea base mostró una alta variabilidad; a lo largo de la inducción al alcohol y durante la fase siguiente con alcohol, excepto los dos primeros días, el tiempo por sesión fue de 30 minutos. En la segunda fase de agua el tiempo por sesión fue menor a 20 minutos durante 13 días y menor variabilidad comparado con la línea base. En la segunda fase con alcohol la variabilidad fue semejante a la de línea base. En las siguientes fases hubo un decremento en el tiempo por sesión durante el acceso al agua y un incremento durante el acceso al alcohol.

El panel (d) de la Figura 2 muestra que el sujeto S1 del grupo GN exhibió una alta variabilidad en la línea base y en las tres fases con alcohol el tiempo por sesión fue de 30 minutos. En la segunda fase de reforzamiento con agua mostró una variabilidad

similar a la línea base. En las siguientes fases hubo un decremento en el tiempo por sesión durante el acceso al agua. El sujeto S2 mostró variabilidad en línea base, en las tres fases con alcohol el tiempo por sesión fue de 30 minutos. El sujeto S3 mostró variabilidad en el tiempo por sesión en la línea base. En las tres fases de reforzamiento con alcohol el tiempo por sesión fue de 30 minutos. En las fases de reforzamiento con agua mayor con alguna excepción las sesiones duraron menos de 30 minutos.

Los datos individuales del grupo GC aparecen en el panel (d) de la Figura 3. Con excepción de la rata S2 que mostró tiempos alrededor de los 18 minutos a lo largo del experimento, los otros dos sujetos S1 y S3 alcanzaron los 30 minutos en la mayoría de las sesiones de la primera mitad del experimento. En la segunda mitad, aunque con variabilidad, tendieron a terminar la sesión antes de los 30 minutos por sesión.

Discusión

En este estudio el objetivo principal fue analizar los cambios en la ejecución y consumo de alimentos y líquidos en dos grupos de ratas expuestas a un programa de reforzamiento (RF11) con agua o alcohol como reforzador, comparadas con un grupo de ratas control que

sólo recibieron agua como reforzador bajo el mismo programa de reforzamiento. Este experimento también sirvió para examinar si un procedimiento de inducción al alcohol aplicado sólo a uno de los dos grupos experimentales produciría diferencias en la ejecución y consumos subsecuentes por alcohol. Los hallazgos más relevantes pueden ser resumidos de la siguiente manera: a) los sujetos con inducción al alcohol (GI) y sin inducción (GN) mostraron estabilidad en su peso corporal a lo largo de los casi cien días que duró el experimento, en tanto los sujetos del grupo control (GC) mostraron ligeros incrementos progresivos de peso corporal; b) el consumo de alimento de los sujetos de los grupos GI y GN decreció durante las fases de reforzamiento con alcohol, mientras los sujetos del GC mostraron una mayor estabilidad; c) el número de reforzadores obtenidos por los sujetos con inducción y por los sujetos sin inducción al alcohol disminuyó durante las fases de reforzamiento con alcohol; d) en general, el tiempo por sesión de todos los sujetos con inducción y sin inducción al alcohol reforzados con agua o alcohol incrementó a la máxima duración establecida durante las fases de reforzamiento con alcohol. Los sujetos del grupo control reforzados con agua disminuyeron su tiempo por sesión aproximadamente a partir de la segunda mitad del experimento.

Peso corporal

En estudios epidemiológicos con humanos no se ha encontrado relación entre la ingesta de alcohol y el peso corporal y se ha sugerido que el efecto de la entrada de energía que tiene el consumo de alcohol sobre la regulación del peso corporal a largo plazo, depende de si esa energía es compensada o si sólo es añadida a la dieta (Hetherington, Cameron, Wallis & Pirie, 2001). En un estudio realizado con ratones con una dieta alta en grasa se reportó que los sujetos consumidores de alcohol no mostraron una mayor susceptibilidad para incrementar su peso o grasa corporal a pesar de que tuvieron una mayor entrada de calorías en comparación con ratones consumidores de agua (Smith et al., 2008).

De acuerdo con nuestras expectativas, debido a que los sujetos no estaban privados de alimento, el peso corporal de los sujetos reforzados con agua o alcohol se mantendría estable aún en las fases de reforzamiento con alcohol. Los datos de ambos grupos experimentales y del grupo control confirmaron tales expectativas; los pesos corporales con ligeras variaciones se mantuvieron estables a lo largo de las condiciones experimentales. Por ejemplo, S1 y S2 del grupo GI mostraron estabilidad en su peso corporal (alrededor del 100%), excepto los diez días siguientes a la inducción al alcohol

durante los cuales eran reforzados con alcohol (10% v/v) mostrando un incremento de su peso corporal, y durante la siguiente fase de reforzamiento con agua su peso corporal decremó gradualmente. En cambio, el sujeto S3 de este mismo grupo con inducción, mostró el patrón contrario; a partir de la fase de inducción al alcohol su peso disminuyó gradualmente hasta el final del experimento y se mantuvo siempre por debajo del 100% de su peso normal. Larue-Achagiotis, Poussard y Louis-Sylvestre (1990) en un estudio compararon la ganancia de peso corporal y la ingesta de comida y fluidos en ratas que tuvieron disponible alcohol al 10% ó al 20% como única fuente de líquido y ratas que sólo bebieron agua. Sus resultados mostraron que el grupo de ratas que recibió alcohol al 20% tuvieron una importante reducción en la ganancia de peso comparadas con las ratas que solo bebieron agua. En nuestro estudio los sujetos del GC que tuvieron únicamente agua como reforzador mostraron una ligera ganancia de peso corporal y terminaron por encima del 100% de su peso corporal inicial, mientras los grupos que alternaron agua y alcohol como reforzadores, aunque con ligeras variaciones, mantuvieron estable su peso. Una diferencia importante entre ambos estudios fue que en el experimento de Larue-Achagiotis et al. (1990) no había un requisito de respuesta.

El procedimiento de inducción al alcohol sólo tuvo efectos iniciales sobre el peso corporal. En los sujetos sin inducción al alcohol no hubo incrementos de peso corporal como los mostrados por dos sujetos del grupo con inducción. Todos los sujetos del grupo sin inducción mostraron decrementos de peso durante la primera fase de alcohol; sin embargo, al terminar esa fase, el sujeto S2 comenzó a incrementar gradualmente su peso hasta el final del experimento, en contraste con lo registrado en los sujetos S1 y S3. En estos sujetos se obtuvo un patrón de decremento gradual de peso a partir del día 40 aproximadamente (segunda fase de agua), manteniéndose el decremento hasta el final del experimento. Estos resultados nos permitieron considerar que los sujetos reforzados con agua o alcohol, sin restricción alimentaria con y sin inducción al alcohol, regularon la entrada de energía que les aportaba la ingesta de alcohol.

Consumo de alimento

Contrario a lo que esperábamos, el consumo de alimento de los sujetos reforzados con alcohol de los grupos con y sin inducción al alcohol, mostró pequeños decrementos durante las fases de reforzamiento de alcohol en comparación con las fases en que fueron reforzados con agua y con los sujetos del grupo control, en los cuales se mantuvo estable el consumo de alimento a lo largo de todo el experimento. Richardson,

Rumsey y Read (1990) encontraron que ratas a las que se les administró alcohol (10% v/v) como única fuente de fluido redujeron su consumo de alimento para regular la entrada de energía. Estos autores reportaron decrementos en la ingesta de fluidos y en el consumo de alimento cuando el líquido disponible fue el alcohol. En nuestro experimento, después de la inducción al alcohol, todos los sujetos de este grupo mostraron un patrón similar en sus consumos de alimento. Durante la primera administración de alcohol su consumo de alimento se redujo con respecto a su línea base. A lo largo del experimento hubo decrementos en el consumo de alimento durante las fases de alcohol, con respecto a las fases de agua. La diferencia entre este estudio y el de Richardson et al. (1990) es que para sus sujetos el único requisito para acceder al alcohol era acercarse al dispensador y beber, mientras que para los sujetos de nuestro estudio, en el grupo reforzado con agua o alcohol, tenían que presionar la palanca once veces (RF11) para acceder a una gota de agua o alcohol, dependiendo de la fase experimental. Es posible que la ingesta de alcohol tenga el mismo efecto sobre el consumo de alimento en ratas no privadas de alimento y donde el único líquido disponible es alcohol (10% v/v), tanto en sujetos que presionan una palanca por alcohol como en sujetos que tienen el alcohol de manera libre en su caja-hogar, como en el estudio de

Richardson et al. (1990). Nuestros datos nos podrían estar indicando que aun cuando los sujetos debían trabajar por alcohol, existió una regulación de la ingesta calórica proporcionada por el consumo de alcohol y alimento.

Número de reforzadores

Para que un modelo operante sea válido al evaluar la propiedad reforzante del alcohol, los sujetos deben emitir una actividad con la finalidad de obtener alcohol como consecuencia a la emisión de esa respuesta. La respuesta típica requerida es la presión de una palanca; si el alcohol puede ser considerado un reforzador o no, aún es un punto de controversia en la literatura. Se ha descrito que sujetos sin restricción de alimento bajo un modelo operante disminuyen sus respuestas por alcohol, mientras que las respuestas por agua se mantienen constantes (Meish & Thompson, 1973). Sin embargo, Beardsley, Lemaire y Meish (1978) demostraron que un grupo de ratas respondieron el mismo número de veces por alcohol 8% (w/v), tanto en fases en las que se les privó de alimento como en fases de acceso libre a la comida; aunque la cantidad de alcohol consumida (mg alcohol/100 g de peso/hr) fue mayor durante la fase de restricción alimentaria en comparación con la fase de acceso libre al alimento, el número de presentaciones del dispensador fue similar. Estos autores

mostraron que, en general, las ratas mantuvieron un alto consumo de alcohol independientemente de la restricción o no-restricción de alimento.

En nuestro estudio los sujetos con inducción al alcohol obtuvieron un menor número de reforzadores cuando sus respuestas fueron reforzadas con alcohol en comparación con los obtenidos cuando el reforzador era agua. Sin embargo, el sujeto S2 del grupo con inducción, a partir de la segunda fase de alcohol mostró un consumo de alcohol similar a sus consumos de agua; es decir, excepto durante la inducción al alcohol y los siguientes días de reforzamiento con alcohol 10% v/v, obtuvo los noventa reforzadores en la mayoría de las sesiones. Además, los sujetos del grupo que fueron expuestos a la inducción mostraron un mayor número de respuestas por alcohol que los sujetos del grupo que no recibió la inducción. En un estudio realizado por Henningfield y Meish (1975) reportaron que la cantidad de alcohol por reforzamiento produjo un incremento en la cantidad de alcohol consumido y un decremento en el número de reforzadores obtenidos. Estos autores también encontraron que las respuestas por alcohol disminuyen cuando el alcohol otorgado por reforzamiento disminuye hasta cierto punto. En dicho estudio se estableció que el mayor número de respuestas por alcohol se dio

cuando se reforzó con la cantidad de 0.17 ml de alcohol 10% (v/v) y el menor número de reforzamientos se presentó cuando la cantidad de alcohol fue de .274 ml.

De acuerdo con Meish y Thompson (1973), si el alcohol puede ser utilizado como reforzador, entonces debería mantener las respuestas de un organismo aún bajo condiciones de reforzamiento intermitente. Otros estudios han reportado que en cepas de ratas que no tienen preferencia por el alcohol, no ha sido posible establecer el alcohol como reforzador (Vacca et al., 2002). En nuestros resultados los sujetos reforzados con alcohol del grupo sin inducción también mostraron un decremento de consumo de líquido durante las fases de alcohol. En estas fases disminuyó el número de reforzadores obtenidos en comparación con los conseguidos por los sujetos del grupo con inducción al alcohol durante las mismas fases. Dos sujetos del grupo control, con agua como reforzador y sin tener acceso al alcohol, mostraron un patrón variable en el número de reforzadores obtenidos. Aproximadamente a partir de la sesión 40 del experimento comenzaron a obtener los 90 reforzadores por sesión. En cambio, el sujeto S2 del mismo grupo control, durante la mayoría de las sesiones obtuvo los 90 reforzadores. Estos resultados son consistentes con los reportados por Meish y Thompson (1973), pues ellos no encontraron un

patrón específico de respuestas por agua. Dichos autores sugieren que el olor del alcohol puede funcionar como un estímulo discriminativo durante el reforzamiento con alcohol. Los datos de nuestros grupos que recibieron reforzamiento con agua o alcohol (GI y GN) nos permiten confirmar que el alcohol (10% v/v) sí funcionó como reforzador, aunque las ratas no obtuvieron el mismo número de reforzadores presionando la palanca por alcohol que presionándola por agua. Es posible considerar que las causas de esta diferencia no son la aversión al sabor del alcohol y tampoco un menor valor reforzante del alcohol en comparación con el valor del agua. Sin duda habría que explorar con mayor detalle las posibles variables que permitan explicar tal diferencia. El valor calórico del alcohol en combinación con la restricción o no de alimento y de agua, podría tener algún efecto sobre la ejecución medida en la tasa de respuesta cuando el alcohol es empleado como reforzador en ratas trabajando en un contexto de tipo operante.

Tiempo por sesión

En estudios realizados por Chuck, McLaughlin, Arizzi-LeFrance, Salomone & Correa (2006) y por McLaughlin, Chuck, Arizzi-LaFrance, Salomone & Correa (2008), utilizando un modelo operante, encontraron efectos supresores sobre la presión de una palanca por comida en una razón fija 5 (RF5) con ratas bajo

administración intra-peritoneal de alcohol en dosis de 1 y 2g/kg. Los autores sugirieron que el alcohol produce respuestas más lentas; el patrón temporal se fragmentó mostrando un incremento en las pausas. Estos mismos autores reportaron que las ratas mostraron una reducción en locomoción y una desaceleración de respuestas bajo un modelo operante con dosis menores a las necesarias para producir ataxia y sedación cuando fueron evaluadas en un aparato *rotarod*.

Los resultados de nuestro experimento fueron los esperados; en los sujetos de los grupos GI y GN durante las fases de reforzamiento con agua, los tiempos por sesión fueron bajos, y durante las fases de reforzamiento con alcohol, los tiempos por sesión incrementaron considerablemente, terminando la sesión por el criterio de duración de la sesión más que por el número de reforzadores obtenidos. Los resultados de nuestro estudio coincidieron con los de Chuck et al. (2006) y McLaughlin et al. (2008). La ejecución fue más lenta cuando el alcohol fue suministrado como reforzador, comparada con la ejecución cuando recibían agua. En el primer caso, treinta minutos no fue un tiempo suficiente para conseguir lo reforzadores disponibles. Cuando el reforzador fue agua, casi siempre la sesión terminó por la obtención del total de los reforzadores. Es conveniente recordar que los criterios

para terminar la sesión fueron que el sujeto obtuviera noventa reforzadores o que pasaran 30 minutos (lo que sucediera primero). Un dato interesante fue que los sujetos del grupo control cuyas respuestas fueron reforzadas siempre con agua, mostraron tiempos altos por sesión durante la primera mitad del experimento. A partir de ese momento los sujetos S1 y S3 del grupo control comenzaron a mostrar variabilidad en sus tiempos por sesión; en cambio el sujeto S2 del mismo grupo control mostró una tendencia a disminuir sus tiempos por sesión desde el inicio del experimento. Con esta evidencia, sería razonable considerar que en los grupos GI y GN la alternación del reforzador (agua-alcohol) alteró el valor de la propiedades reforzantes del agua.

Inducción al alcohol

Otro interés de nuestro estudio fue analizar los efectos de emplear un procedimiento de inducción al alcohol sobre el consumo posterior de fluidos. De acuerdo con Carnicella et al. (2011) pocos estudios han analizado el proceso de adaptación conductual en modelos operantes, que provoca el incremento progresivo de la ingesta de alcohol de bajas a altas concentraciones. Los resultados de nuestro estudio muestran un proceso de adaptación conductual de los sujetos que recibieron inducción al alcohol en comparación con los sujetos que no fueron expuestos a dicho procedimiento. Samson, Tolliver

y Roehrs (1983) han destacado que las manipulaciones conductuales utilizadas durante el procedimiento de inducción y no tanto la restricción de alimento, podrían ser determinantes para establecer al alcohol como reforzador. Estos autores utilizaron un programa de reforzamiento concurrente en donde variaron los requisitos de respuesta para obtener reforzadores alternados y reportaron un mantenimiento de las respuestas por alcohol sin necesidad de reducir el peso de los sujetos o restringir de comida. Nuestros resultados muestran que el procedimiento de inducción fue determinante aunque no indispensable para establecer el alcohol como reforzador y el posterior mantenimiento de respuestas por el mismo.

El procedimiento de inducción que empleamos en este estudio fue diferente a los utilizados en la mayoría de los estudios en los cuales se agrega sacarosa o sacarina a una solución con alcohol diluido, con la finalidad de provocar un alto consumo de la sustancia, tanto en modelos de auto-administración oral operante como en modelos de auto-administración oral libre (Adams, Mitchell, Campbell & Samson, 2002; Roberts, Heyser & Koob 1999; Tomie, Di Poce, Derenzo & Pohorecky, 2002). Sin embargo, como se mostró en este estudio, en el modelo de administración oral operante no fue necesario agregar sacarosa o sacarina a la solución de alcohol para

producir consumos confiables. Roberts, Heyser y Koob (1999) reportaron que un grupo de ratas bajo el modelo operante respondieron en mayor medida por alcohol+sacarosa en comparación con otro grupo de ratas que presionó una palanca sólo por alcohol. Sin embargo, las ratas del primer grupo mantuvieron un menor nivel de alcohol en sangre. Estos datos sugieren que los procedimientos de inducción al alcohol en modelos de auto-administración oral que no utilizan sacarosa, pueden ser tan eficaces para producir un alto consumo de alcohol como lo son aquellos en los que se utiliza sacarosa.

En los sujetos con inducción cuyas respuestas eran reforzadas con alcohol, durante la fase de inducción al alcohol disminuyó el número de reforzadores obtenidos con respecto a los reforzadores obtenidos durante la línea base. En las fases siguientes de alcohol, dos ratas de este grupo disminuyeron su tasa de respuesta, mientras que el otro sujeto respondió al mismo nivel durante las fases de reforzamiento con alcohol en comparación con las fases de reforzamiento con agua. En cambio, los tres sujetos sin inducción al alcohol mostraron un patrón similar; es decir, hubo decrementos notables durante las fases de reforzamiento con alcohol en comparación con las fases de reforzamiento con agua. Carnicella et al. (2011) han sugerido que la relación inversa que se

presenta cuando se incrementa progresivamente el porcentaje de alcohol y disminuye el número de respuestas emitidas para obtener alcohol, es debida a una regulación del nivel de alcohol consumido y no debido a un incremento en el nivel de aversión por el sabor.

El presente estudio se enfocó a determinar los efectos de la auto-administración oral operante, proporcionando alcohol o agua como reforzador en sujetos con alimento disponible y restricción de agua sobre distintos parámetros. A partir de nuestros resultados consideraríamos de interés realizar estudios con sujetos que no tengan restricción alimentaria ni de agua, manteniendo un modelo de replicación A-B-A-B. Esta ausencia de restricción implicaría que la auto-administración oral de alcohol no sería motivada por una necesidad calórica o de hidratación, sino por otro tipo de variables motivacionales.

Referencias

- Adams, N., Mitchell, P. S., Campbell, S., & Samson, H. (2002). Ethanol self-administration in Maudsley reactive and Maudsley nonreactive inbred rats. *Alcohol*, 26, 155-161.
- Beardsley, P., Lemaire, G., & Meish, R. (1978). Ethanol-reinforced behavior of rats with concurrent

access to food and water. *Psychopharmacology*, 59, 7-11.

Carnicella, S., Yowell, Q., & Ron D. (2011). Regulation of operant oral ethanol self-administration: A dose-response curve study in rats. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*. 35(1), 116-125.

Chuck T.L, McLaughlin P., Arizzi-LaFrance M. A., Salamone J., & Correa, M. (2006). Comparison between multiple behavioral effects of peripheral ethanol administration in rats: Sedation, ataxia and bradykinesia. *Life Sciences*. 79(2), 154-161.

Cunningham, C., Filder, T., & Hill, K. (2000). Animal models of alcohol's motivational effects. *Alcohol Research & Health*, 24(2), 85-92.

Henningfield, J., & Meish, R. (1975). Ethanol-reinforced responding and intake as a function of volume per reinforcement. *Pharmacology Biochemistry and behavior*, 3, 437-441.

Hetherington, M., Cameron, F., Wallis, D. J., & Pirie, L. M. (2001). Stimulation of appetite by alcohol. *Physiology and behavior*, 74, 283-289.

Hyytiä, P., & Sinclair, J. D. (1989). Demonstration of lever pressing for oral ethanol by rats with no prior

training or ethanol experience. *Alcohol*, 6(2), 161-164.

Larue-Achagiotis, C., Poussard, A., & Louis-Sylvestre, J. (1990). Alcohol drinking, food and fluid intakes and body weight gain in rats. *Physiology & Behavior*, 47(3), 545-548.

McLaughlin, P. J., Chuck, T., Arizzi-LaFrance, M. N., Salamone, J., & Correa, M. (2008). Central vs. peripheral administration of ethanol, acetaldehyde and acetate in rats: Effects on lever pressing and response initiation. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*, 89, 304-313

Meisch, R. (2001) Oral drug self-administration: An overview of laboratory animal studies. *Alcohol*. 24(2), 117-128.

Meish, R., & Thompson, T. (1973). Ethanol as a reinforcer: Effects on fixed-ratio size and food deprivation. *Psychopharmacology*, 28, 171-183.

Mello, N. K. (1973). A review of methods to induce alcohol addiction in animals. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*, 1(1). Pp. 89-101.

Richardson, A., Rumsey, R., & Read, N. (1990). The effect of ethanol on the normal food intake and eating behaviour of the rat. *Physiology & Behavior*, 48(6), 845-848

- Ritz, M., George, F., & Meish, R. (1989). Ethanol self-administration in ALKO rats: II. Effects of selection and concentration. *Alcohol*, 6(3), 235-239.
- Roberts, A. J., Heyser, Ch., & Koob, G. (1999). Operant self-administration of sweetened versus unsweetened ethanol: effects on blood alcohol levels. *Alcoholism: clinical and experimental research*, 23(7), 1151-1157.
- Samson, H., Tolliver, G., & Roehrs, T. (1983). Ethanol reinforced responding in the rat: Relation of ethanol introduction to later ethanol responding. *Pharmacology, Biochemistry & Behavior*, 18, 895-900
- Simms, J., Bito-Onon, J. J., Chatterjee, S., & Bartlett, S. (2010). Long-Evans rats acquire operant self-administration of 20% ethanol without sucrose fading. *Neuropsychopharmacology*, 35(7), 1453-1463.
- Slaweck, C. & Samson, H. (1997). Changes in oral ethanol self-administration patterns resulting from ethanol concentration manipulation. *Alcoholism: clinical and experimental research*, 21(6), 1144-1149.
- Smith R. R., Hong J., Harvey A. E., Lewis T., Diaz D., & Núñez N. P. (2008). Ethanol consumption does not promote weight gain in female mice. *Ann NutrMetab*, 53, 252-259.
- Tomie, A., Di Poce, J., Derenzo, C., & Pohorecky, L. A. (2002). Autoshaping of ethanol drinking: An animal model of binge drinking. *Alcohol & alcoholism*, 37 (2), 138-146.
- Vacca, G., Serra, S., Bruneti, G., Carai, M., Samson, H., Gesa, G., & Colombo, G. (2002). Operant self-administration of ethanol in sardinian alcohol-preferring rats. *Alcoholism: Clinical and experimental research*, 26(11), 1078-1085.
- Veale, W., & Myers, R. (1969). Increased alcohol preference in rats following repeated exposures to alcohol. *Psychopharmacologia*, 15, 361-372.

D **Decremento de la correlación cortical durante la activación sexual de ratas macho**

Marisela Hernández-González

Laboratorio de Neurofisiología de la Conducta Reproductiva. Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Jalisco, México.

Miguel Ángel Guevara

Laboratorio de Correlación Electroencefalográfica y Conducta. Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Jalisco, México.

Ricardo Alonso Romero Orozco

Laboratorio de Neurofisiología de la Conducta Reproductiva. Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Jalisco, México.

Yuritze Aguilar-Salgado

Laboratorio de Neurofisiología de la Conducta Reproductiva. Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara, Guadalajara. Jalisco, México.

Marcela Arteaga Silva

Departamento de Biología de la Reproducción, Universidad Autónoma Metropolitana, Campus Iztapalapa. México, D.F.

Correspondencia: Marisela Hernández González. Instituto de Neurociencias, Universidad de Guadalajara. Francisco de Quevedo 180, Col. Arcos Vallarta Guadalajara, Jal. MÉXICO C.P. 44130. Tel. and Fax: (52) (33) 37 77 11 50, ext. 33360 e-mail: mariselh@cencar.udg.mx

Agradecimientos: Este trabajo fue apoyado por CONACyT, número de proyecto 000000000104297 asignado a R.A.R.O.

Resumen

La motivación sexual, definida como todos aquellos procesos y actos que ejecuta un sujeto para tener contacto con una potencial pareja sexual, y la activación sexual, cuyo principal indicador es la erección peneana, requieren de la adecuada detección y procesamiento de estímulos sensoriales internos y/o externos con

significado sexual. Se ha sugerido que la corteza prefrontal juega un importante papel en el procesamiento y asignación de valor incentivo de tales estímulos y por ende, en la inducción de la activación sexual, por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar si la actividad electroencefalográfica (EEG) de la corteza prefrontal presenta cambios característicos durante los estados de motivación y activación sexual de ratas macho. Se implantaron bilateralmente y a permanencia 13 ratas macho Wistar sexualmente expertas en la corteza prefrontal medial (CPFm) y, después de 8-10 días de recuperación postquirúrgica, se registró el EEG durante a) el estado vigilia-quieto sin motivación sexual; b) el estado vigilia-quieto con motivación sexual (inmediatamente después de una o dos intromisiones con una hembra receptiva); así como c) durante acicalamiento genital y d) estado de activación sexual (ocurrencia de erecciones peneanas psicogénicas) en presencia de una hembra receptiva inaccesible. Las ratas macho sexualmente motivadas presentaron en el estado vigilia-quieto, una mayor potencia absoluta (PA) de los 7 a los 12 Hz en la CPF medial izquierda y derecha. Durante la ocurrencia de erecciones peneanas psicogénicas, la CPFm presentó una menor PA y una menor correlación de frecuencias rápidas (24-28 Hz) respecto a la conducta de acicalamiento genital, acto motor similar y de postura equivalente a

aquella de las erecciones peneanas psicogénicas. Estos resultados dan evidencia electroencefalográfica de que en la rata macho, el estado de motivación sexual es distinto de aquel de activación sexual, procesos que frecuentemente han sido usados como sinónimos tanto en la investigación básica como en la práctica clínica.

Palabras clave: activación sexual, motivación sexual, erección peneana, electroencefalograma, corteza prefrontal, correlación.

Decrease of the cortical correlation during sexual arousal in male rats

Abstract

Sexual motivation, defined as all those processes and acts that a subject performs in order to achieve contact with a potential sexual partner; and sexual activation, the principle indicator of which is penile erection, require the adequate detection and processing of internal and/or external sensorial stimuli that convey a sexual meaning. It has been suggested that the prefrontal cortex plays an important role in processing and assigning incentive value to such stimuli and, therefore in inducing sexual activation. Given this, the aim of the present study was to determine if the electroencephalographic activity (EEG) in the prefrontal cortex presents characteristic changes

during the states of sexual motivation vs. sexual activation in male rats. A total of 13, 80-to-90-day-old, sexually-experienced male Wistar rats were permanently implanted bilaterally with electrodes in the medial prefrontal cortex (mPFC). After an 8-to-10-day post-surgery recovery period, EEGs were recorded from the left and right prefrontal cortices under the following conditions: (a) at rest with no sexual motivation; (b) at rest with sexual motivation (*i.e.*, immediately after 1 or 2 intromissions with a receptive female); as well as in both (c) during genital grooming and d) during sexual activation (occurrence of psychogenic penile erections) in the presence of an inaccessible receptive female. In condition (a) the sexually-motivated male rats presented a higher absolute power (AP) of the low frequencies (7-12 Hz) in the left and right mPFC. During occurrence of psychogenic penile erections, the mPFC showed a lower AP and a decreased correlation of the fast frequencies (24-28 Hz) compared to the genital grooming, a similar motor act and equivalent posture to those of psychogenic penile erections. These results provide electroencephalographic evidence that the state of sexual motivation is distinct from that of sexual activation in male rats, though these two processes have often been used as synonyms in basic research and clinical practice.

Key words: sexual activation, sexual motivation, penile erection,

electroencephalogram, prefrontal cortex, correlation.

Introducción

En el estudio de la neurofisiología de la conducta sexual, es importante considerar no sólo los componentes de ejecución motora característicos, sino también los componentes que permiten dar inicio a la interacción sexual. Estos componentes incluyen la detección y percepción de los estímulos emitidos por la potencial pareja sexual, así como las condiciones neuroendocrinas adecuadas para inducir un estado de motivación y activación sexual.

La naturaleza y características de los estímulos sexualmente relevantes varían de una especie a otra, sin embargo, la detección y procesamiento de tales estímulos tienen una base neural y hormonal similar entre especies, de ahí la importancia de conocer los procesos neuroendocrinos que fundamentan la generación de la motivación y activación sexual que darán lugar a la ejecución sexual propiamente dicha (Ågmo, 2007; Hernández-González, Guevara & Ågmo, 2008; Hernández-González & Guevara, 2009).

El estímulo con mayor relevancia sexual en todos los mamíferos es la estimulación mecánica (somatosensorial), que da lugar a un

estado de activación y placer específico. Tal estimulación somatosensorial ocurre sólo hasta después de que la pareja sexual ha logrado el contacto físico, por lo que previo a ello, deben entrar en juego otros tipos de estímulos que pueden ser detectados a distancia, tal es el caso de las señales olfatorias, auditivas y visuales (Sachs & Barfield, 1976; Meisel & Sachs, 1994). Todos esos estímulos detectados a distancia adquieren un significado sexual de acuerdo con la asociación que se haya generado con ellos o al aprendizaje; por ejemplo, para la rata macho los olores de la hembra en estro, la estimulación visual por los movimientos que ejecuta y las vocalizaciones ultrasónicas emitidas por ella, actúan como estímulos incentivos primarios para generar un estado motivado, mismo que a su vez puede incrementar la efectividad de los estímulos incentivos y por tanto, activar los circuitos neurales que median la ejecución motora y recompensa de las conductas copulatorias (Ågmo, 1999).

La motivación sexual se define como aquel estado que hace que un sujeto busque contacto sexual con otro sujeto (Ågmo, 1999) y ocurre en respuesta a estímulos que incitan a la conducta de búsqueda y/o aproximación hacia el estímulo sexual incentivo. Sin embargo, la motivación sexual no solo se expresa como conductas de aproximación hacia la potencial pareja sexual sino que

también se acompaña de una serie de respuestas viscerales entre las cuales destaca el incremento del flujo sanguíneo genital, causando en machos, la erección peneana. Esta particular respuesta visceral es frecuentemente considerada tanto en el ámbito clínico como básico, como el indicador más confiable de arousal o activación sexual (Sachs, 1997, 2007; Sachs, Akasofu, Citron, Daniels & Natoli 1994).

La erección peneana se define como la extensión del glande por fuera del prepucio como resultado de la rigidez o tumescencia del pene, la cual resulta de una serie de procesos vasculares, neurales, endocrinos y paracrinós que se desatan en respuesta a la estimulación de diferentes modalidades sensoriales y es fundamental en la conducta sexual masculina para llevar a cabo la emisión seminal y la eyaculación (Benson, 1988; Hernández-González, 2000).

En el contexto de la interacción sexual de la rata macho, la erección peneana se presenta después de que ocurre el contacto físico entre la pareja lo que le permite lograr la respuesta de intromisión o inserción peneana intravaginal; sin embargo, existen modelos experimentales de erección peneana ex-cópula en los cuales, por la sola percepción de estímulos provenientes de la hembra receptiva, se induce la erección peneana aún sin tener contacto físico,

dando evidencia de que el sistema nervioso del macho es capaz de percibir y procesar las señales remotas emitidas por la hembra para asignarles un valor incentivo y generar el estado de arousal o activación sexual acompañado de los procesos de erección peneana. Las erecciones peneanas inducidas por la percepción de estímulos emitidos por una hembra receptiva que le es inaccesible al macho se han denominado “erecciones peneanas psicogénicas” (EPP’s) o “erecciones sin contacto” (Sachs, 1997, 2007; Sachs et al., 1994).

A la fecha se ha logrado compilar suficiente información acerca de las bases cerebrales que sustentan el despliegue o ejecución de la conducta copulatoria, sin embargo, respecto a las estructuras cerebrales implicadas en la inducción de la motivación sexual y por ende de la activación sexual, la información es bastante limitada. Entre las estructuras que se ha mostrado son importantes para la inducción de la motivación sexual en roedores, se encuentran el área preóptica medial (Hurtazo & Paredes, 2005) y la amígdala posteromedial (Maras & Petrulis, 2006). Otras estructuras cerebrales que también han sido involucradas en el procesamiento de los estímulos sexuales incentivos son la corteza prefrontal (CPF), con sus numerosas conexiones con otras áreas corticales posteriores (como la parietal) y el núcleo accumbens

(Acc). Las lesiones de la CPF han llevado a reducir el número de intromisiones previas a la eyaculación y a incrementar la latencia para iniciar la cópula (Bunnell, Friel & Flesher, 1966; Ágmo, Villalpando, Picker, & Fernández, 1995), en tanto que las lesiones del Acc han resultado en reducción de la frecuencia y mayor latencia de las erecciones sin contacto inducidas por los olores de una hembra receptiva (Liu, Sachs & Salamone, 1998).

El registro de la actividad eléctrica cerebral espontánea o actividad electroencefalográfica (EEG) ha sido una de las técnicas más ampliamente utilizada para determinar el funcionamiento cerebral con relación a la conducta, procesos cognoscitivos y estados fisiológicos. Esta técnica se basa en detectar las fluctuaciones de voltaje sinusoidales y rítmicas que son generadas por el cerebro, las cuales representan la actividad global (potenciales sinápticos) de las neuronas y fibras de paso que constituyen a las diferentes áreas corticales y estructuras subcorticales. Una de las principales ventajas de esta técnica electroencefalográfica es que posee una alta resolución temporal, permitiendo obtener registros en el rango desde milisegundos hasta horas o días asociados a estados fisiológicos, conductas y procesos tanto cognoscitivos como motivo-emocionales específicos.

Actualmente, el análisis de la actividad EEG se efectúa de forma computarizada aplicando la Transformada Rápida de Fourier, la cual proporciona datos cuantitativos de dos principales parámetros: 1) Potencia Absoluta (PA), definida como la energía o voltaje de cada banda de frecuencia expresada en microvolts al cuadrado (μV^2) y 2) Potencia Relativa (PR), considerada como la contribución proporcional de cada banda de frecuencia al espectro de potencia total de 1-30 Hz. Estos parámetros de la amplitud de la señal EEG son diferentes pero complementarios y dan una idea de los cambios en la frecuencia de disparo así como de la cantidad de neuronas activadas durante una conducta o condición fisiológica particular (Klimesch, 1999; Klimesch, Sauseng, Hanslmayr, Gruber & Freunberger, 2007; Porjesz, Jones & Begleiter, 2004). Así, una incrementada PA indica que más neuronas están disparando sincrónicamente y por lo tanto generan una mayor amplitud, en tanto que una incrementada PR indica que una determinada banda de frecuencia tiene una mayor proporción de la potencia total del espectro electroencefalográfico.

Otro parámetro que en los últimos años ha sido de gran utilidad para determinar el funcionamiento cerebral es el índice de correlación electroencefalográfica (r) el cual permite conocer el grado de

acoplamiento funcional o similitud de la actividad EEG de dos sitios cerebrales distintos (Lopes da Silva, 1991; Shaw, 1984; Guevara & Corsi-Cabrera, 1996; Guevara, Ramos, Hernández-González, Zarabozo & Corsi-Cabrera, 2003).

Dada la propuesta de que la CPF medial juega un papel importante en el procesamiento de alto orden de las señales sensoriales, así como en la asignación del valor incentivo de los mismos (para una revisión ver Hernández-González & Guevara, 2009), y considerando que la erección peneana ha sido sugerida como el indicador fisiológico más evidente y confiable de la activación sexual, en el presente trabajo se investigó si la motivación (inducida por los estímulos emitidos por la hembra receptiva) y la activación sexual (ocurrencia de erecciones sin contacto) se asocian con cambios EEG característicos en la corteza prefrontal medial de la rata macho.

Método

Sujetos

Ratas macho de la cepa Wistar fueron procreadas y mantenidas en cajas medianas con una cama de aserrín (tres machos por caja) en el bioterio del Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara. Todos los sujetos se mantuvieron bajo un ciclo de luz-oscuridad invertido (12 h luz/ 12 h oscuridad) a

una temperatura de 24 ± 2 °C, con agua y comida *ad libitum* hasta la edad de 3-4 meses (300 - 500 g de peso) en que fueron sometidos a tres pruebas de interacción sexual. Las hembras receptivas de la misma cepa fueron tratadas con benzoato de estradiol (5 µg/0.05 ml) de manera subcutánea cada tercer día. Los machos se consideraron sexualmente expertos cuando completaron dos sesiones copulatorias en las que lograron la eyaculación antes de los 15 minutos.

Implante intracerebral de electrodos

Cada una de las ratas macho fue inyectada con sulfato de atropina (2 mg/kg) para bloquear los efectos depresores de los barbitúricos en el corazón y después fueron anestesiados con pentobarbital sódico (35mg/kg vía intraperitoneal) y montados a un aparato estereotáxico (Kopf. USA). Los electrodos fueron implantados de manera bilateral en el área Prelímbica de la CPFm (3.2 mm anterior a bregma, 0.6 mm lateral a la línea media y 4.2 mm por debajo de la duramadre, con la barra de incisivos colocada en 3.3 mm) según las coordenadas estereotáxicas del atlas de Paxinos y Watson (1997). Los electrodos fueron elaborados con alambre de acero inoxidable (200 µm de diámetro) aislados en casi toda su longitud a excepción de la punta. Se colocaron además dos tornillos de acero inoxidable, uno en la parte más anterior del cráneo que sirvió como electrodo de referencia y otro en la

parte más posterior del cráneo que sirvió como electrodo de tierra. Las salidas de los electrodos se soldaron a un conector hembra en miniatura que se fijó al cráneo con cemento dental. Cada rata implantada fue mantenida en el bioterio del Instituto de Neurociencias, en cajas individuales de acrílico transparente (15 x 15 x 30 cm) con una cama de aserrín y agua y comida *ad-libitum*.

Registro de erecciones penéanas sin contacto

Para el registro de las erecciones sin contacto, se utilizó una caja de acrílico transparente dividida por la mitad con una rejilla de acrílico transparente que poseía orificios de 2 mm de diámetro. En uno de los compartimentos se colocó el macho mientras que en el otro lado se colocó a una hembra receptiva, de tal forma que el macho podía ver, escuchar y oler a la hembra, pero no tenía acceso a ella. El fondo de la caja de observación era de vidrio transparente y en la parte inferior había un espejo inclinado en un ángulo de 45°, que permitía observar adecuadamente la parte ventral de los sujetos, facilitando la observación y filmación de las erecciones sin contacto.

Antes de cada registro electroencefalográfico, cada sujeto fue colocado en una caja de observación y durante el estado vigilia-quieto se registraron segmentos de EEG que fueron

considerados como registro basal. Posterior a ello, se introdujo una hembra receptiva y se le permitió tener una o dos intromisiones para inducir el estado de motivación sexual e inmediatamente después se pasó al macho a uno de los compartimentos de la caja de registro de EPP's (donde ya se encontraba una hembra receptiva en el otro compartimiento) para capturar segmentos de EEG durante este estado sexualmente motivado. A partir de este momento, se registró la actividad eléctrica cerebral del macho por un periodo de 15 minutos (a partir de que ocurrió la primera erección) incluyendo el acicalamiento genital y las respectivas EPP's. El registro se dio por terminado si el sujeto no presentó erección en los 20 minutos posteriores a la introducción de la hembra a la caja de registro (Sachs 1997). Todo el registro se filmó con una cámara SONY modelo DCR-SR82 para su posterior análisis.

Registro de la actividad electroencefalográfica

Después de un periodo de recuperación postquirúrgico (8-10 días), 2 a 3 días antes del experimento, las ratas fueron llevadas al cuarto de registro sonoamortiguado, semioscuro y a temperatura ambiente donde se conectaron al polígrafo para su adaptación durante 20-30 min. Durante los registros EEG las salidas de todos los electrodos fueron conectadas a los dispositivos de

entrada de un polígrafo (Grass 7B), conectado a su vez a una computadora. Los filtros del polígrafo se colocaron entre 1-30 Hz y se capturaron las señales a una frecuencia de muestreo de 1024 Hz. Las señales EEG una vez amplificadas y filtradas, pasaron a un convertidor analógico digital que funcionó como interfase hacia la computadora, en la cual, mediante el programa computacional CAPTUSEN (Guevara et al., 2000) se efectuó la captura simultánea del EEG. Este programa permitió que se capturaran segmentos de EEG de la CPFm derecha e izquierda simultáneamente y a voluntad durante las siguientes condiciones: a) *condición basal* (vigilia-quieto, antes de la introducción de la hembra receptiva y por tanto, sin motivación sexual); b) vigilia-quieto en presencia de hembra receptiva (después de la intromisión y por tanto, sexualmente motivado); c) durante el acicalamiento genital y d) durante las *erecciones peneanas sin contacto* (vigilia-quieto en presencia de hembra y con despliegue de erección peneana).

Análisis EEG

Sólo se incluyó en el análisis la actividad EEG de aquellas ratas cuyos segmentos de EEG no presentaron artefactos por ruido o movimiento. Mediante un programa elaborado *ex-profeso*, denominado POTENCOR (Guevara et al., 2003) se aplicó la Transformada Rápida de Fourier para calcular la potencia

absoluta (PA) de las diferentes frecuencias registradas que fueron de 4 a 30 Hz. Se calculó también la correlación interprefrontal mediante el coeficiente de correlación producto/momento de Pearson. Se compararon los valores de PA y correlación de todas las frecuencias entre condiciones de interés. Con el fin de comparar conductas con un patrón motor y despliegue postural similar, se comparó la condición *vigilia-quieto en ausencia de hembra* (sin motivación sexual) contra *vigilia-quieto en presencia de hembra* (sexualmente motivado); en un segundo análisis se compararon las conductas de equivalencia motora y postural, *acicalamiento genital* (indicador de motivación sexual) contra *erección peneana sin contacto* (indicador de activación sexual)).

Análisis histológico

La localización de la punta de electrodos en las estructuras cerebrales de interés se verificó de la siguiente manera. Cada sujeto recibió una dosis letal de pentobarbital y se perfundió por vía intracardiaca con una solución de formalina al 10%. Veinticuatro horas más tarde se extrajeron los cerebros y permanecieron al menos por 40 h en la misma solución. Posteriormente se incluyeron en parafina y se hicieron los cortes coronales de 40 μ m de grosor en un microtomo. Los cortes se colocaron en portaobjetos y fueron teñidos con violeta de cresilo para la obtención de fotografías amplificadas

y posterior comparación anatómica tomando como base el atlas de Paxinos y Watson (1997).

Análisis estadístico

Para determinar las diferencias entre condiciones de interés, los valores de PA y correlación de las diferentes frecuencias fueron comparados mediante la aplicación de la prueba t de Student. Las diferencias se consideraron significativas cuando se alcanzó un valor de $p < 0.05$.

Resultados

Sólo se consideraron en el análisis, los datos EEG de 13 ratas macho en las que se comprobó la adecuada localización bilateral de la punta de los electrodos en la corteza prefrontal medial derecha e izquierda, en un margen de coordenadas estereotáticas de 3.2 mm anterior a bregma según atlas de Paxinos y Watson (1997).

Los machos registrados poco después de tener la intromisión (cuando estaban sexualmente motivados) mostraron una mayor PA de las frecuencias lentas (7-12 Hz) ($p < 0.05$) en la CPF derecha e izquierda mientras estuvieron expuestos a una hembra receptiva durante el estado vigilia quieto, sin embargo, ningún cambio en el grado de correlación interprefrontal fue evidente.

Sólo durante la ocurrencia de las EPP's o sin contacto, el grado de acoplamiento funcional entre las cortezas prefrontales derecha e izquierda presentó un decremento en las frecuencias rápidas (de 24 a 28 Hz) ($p < 0.05$) (Fig. 1) así como un decremento de la PA en este mismo rango de frecuencias ($p < 0.05$) (Fig.

2), decrementos que no fueron observados mientras la rata presentó acicalamiento genital (conducta con un patrón motor y postural muy similar al de las erecciones sin contacto).

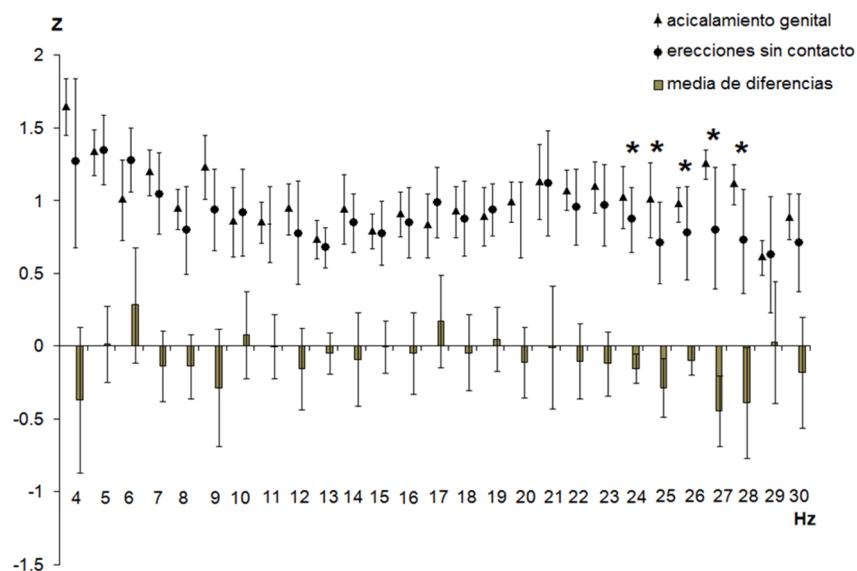


Figura 1. Media $\pm$ 2 ES y media de diferencias de la correlación interprefrontal (en valores Z de Fisher) de las frecuencias EEG entre la corteza prefrontal derecha e izquierda durante el acicalamiento genital y las erecciones sin contacto ($n = 13$). Prueba t de Student.

* $p < 0.05$ respecto al acicalamiento genital.

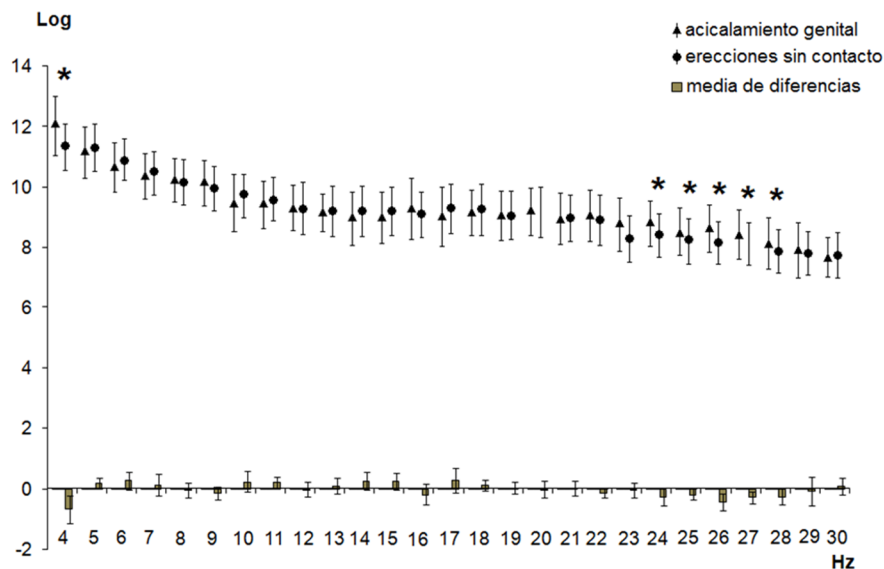


Figura 2. Media $\pm$ 2 ES y media de diferencias de la potencia absoluta (en logaritmos) de las frecuencias EEG durante el acicalamiento genital y las erecciones sin contacto en la corteza prefrontal medial izquierda (n = 13). Prueba t de Student.

* $p < 0.05$ respecto al acicalamiento genital.

Discusión

En este estudio, mediante la técnica electroencefalográfica fue demostrado que la corteza prefrontal medial presenta un patrón de actividad característico durante los estados de motivación y activación sexual de la rata macho.

Si bien se ha reportado que la CPF no es esencial para la ejecución de la conducta sexual, actualmente se sabe que esta área cortical juega un importante papel en la asignación del valor incentivo de los estímulos relevantes y por ende, en la inducción de la motivación sexual (Ågmo, et al, 1995; Hernández-González &

Guevara, 2009). Diferentes estudios con técnicas de lesión, electroencefalográficas, de c-Fos y de imagenología han permitido apoyar esta propuesta; por ejemplo, Bunnell, Friel y Flesher (1966) reportaron un mayor umbral para alcanzar la activación sexual en hámsteres lesionados de la corteza cingulada y retrosplenial; similarmente, Ågmo et al., (1995) mostraron un importante retraso en el inicio de la interacción sexual de ratas macho con lesión de la corteza prefrontal medial y dorsal a pesar de estar en continua presencia de hembras receptivas. También, mediante registro EEG en una tarea sexualmente motivada (laberinto T) se mostró que la corteza prefrontal

medial de ratas macho con motivación sexual presentó un incremento de la potencia relativa de la banda de 6-7 Hz y un decremento de la banda de 8-11 Hz durante tres condiciones de motivación sexual: estado basal de vigilia-quieto, durante la marcha en un laberinto T y durante la permanencia cerca de una hembra receptiva al final de dicho laberinto; asimismo, sólo la correlación interprefrontal medial de los machos sexualmente motivados fue mayor respecto a los no motivados durante la marcha y durante su permanencia cerca de la hembra receptiva respecto a los machos que no estaban motivados sexualmente (Hernández-González, Prieto-Beracoechea, Arteaga-Silva & Guevara, 2007).

En este estudio, sólo los machos sexualmente motivados en presencia de la hembra receptiva y en vigilia-quieto se caracterizaron por mostrar, tanto en la corteza prefrontal medial izquierda como derecha, una mayor PA en las frecuencias de 7 a 12 Hz, frecuencias que caen en el rango de la banda theta. Vandervolf (1969) ha mostrado que tales frecuencias lentas desde 7 hasta 12-18 Hz aparecen mientras los sujetos ejecutan movimientos de cabeza o ligeros cambios de postura y se han asociado con situaciones de alerta o activación general. Es probable que este incremento característico en la PA de las frecuencias mencionadas se asocie con el procesamiento de la

información somatosensorial peneana relacionada a la inserción peneana que ocurrió durante las respuestas de intromisión previas, así como con la condición de motivación sexual que presenta el macho ante la percepción de los estímulos emitidos por la hembra inaccesible.

Durante las erecciones sin contacto, la actividad EEG de ambas cortezas prefrontales (derecha e izquierda) se caracterizó por mostrar una menor PA así como un decremento de la correlación interprefrontal en las frecuencias rápidas (24-27 Hz). Es probable que esta menor PA y correlación interprefrontal de las frecuencias rápidas durante las EPPs se asocie con el estado de activación sexual del macho que presenta ante la detección de los estímulos remotos de la hembra y la ocurrencia de la erección. Esta baja correlación durante la condición de EPPs refleja una alta diferenciación funcional, es decir, que las CPFs de cada hemisferio están funcionando independientemente sin que esto indique un menor grado de participación de estas estructuras. Esto simplemente refleja una funcionalidad característica relacionada al estado de activación sexual mientras el macho experimenta la erección sin contacto.

Otros estudios han considerado el término “correlación entre estructuras” como un índice de la conexión funcional entre dos

estructuras manifestada por una alta o baja sincronización de actividad en un rango de frecuencias determinado (Shaw, 1984; Lopes da Silva, 1991). Si tomamos en cuenta esta consideración, entonces es posible sugerir que las conexiones funcionales entre la CPF izquierda y la CPF derecha cambiaron drásticamente durante las condiciones de mayor motivación (vigilia-quieto cerca de hembra y después de intromisión, así como durante acicalamiento genital) y activación sexual (ocurrencia de erecciones en presencia de hembra). En la primera condición, en la cual los machos fueron expuestos a la presencia de una hembra colocada detrás de una rejilla, ellos percibían los estímulos olfatorios, auditivos y visuales emitidos, que, como se ha demostrado, inducen en los machos erecciones sin contacto (Sachs, 1997; Sachs & Liu, 1998). En tanto que durante las erecciones sin contacto propiamente dichas, el sujeto alcanzó la manifestación objetiva de la mayor activación sexual que, en este contexto, representaría el componente consumatorio de la interacción ex cópula (Sachs, 2007). Este resultado es particularmente interesante debido a que estos diferentes patrones de correlación electroencefalográfica podrían representar una funcionalidad característica de estos estados de motivación y activación sexual. Durante el estado de vigilia-quieto (inmediatamente después de la

intromisión) y durante el acicalamiento genital en presencia de la hembra el macho sólo está sexualmente motivado (en respuesta a los estímulos incentivos emitidos por la hembra inaccesible) en tanto que durante las erecciones sin contacto está sexualmente activado (Sachs, 2007). Resultados similares han sido reportados en otros estudios, los cuales han mostrado que las conexiones funcionales entre las estructuras cerebrales implicadas en los componentes motivo-emocionales (amígdala basolateral, *subiculum ventral*, *núcleo accumbens* y *área subpálida*) cambian dependiendo del contexto motivo/emocional de la tarea conductual que ejecuta la rata (Korzeniewska, Kasicki & Zagrodzka, 1997).

En resumen, estos datos muestran que el registro de la actividad EEG es una herramienta sensible para estudiar la funcionalidad y correlación de la CPF durante diferentes condiciones de motivación y activación sexual en ratas macho y apoyan la propuesta de otros estudios que sugieren que la CPF, junto con el área preóptica medial, el Acc, la amígdala y el área tegmental ventral (Everitt & Stacey, 1987; Hurtazo, Paredes & Ágmo, 2008; Wood, 1998; Kollack-Walker & Neuman, 1995; Liu, Sachs & Salamone, 1998; Guevara, Martinez-Pelayo, Arteaga-Silva, Bonilla-Jaime & Hernández-González, 2008)

participan en la generación de la motivación sexual, es decir, en el procesamiento de estímulos remotos emitidos por una hembra en estro y en la inducción de la activación sexual, que se alcanza con la manifestación de las erecciones sin contacto.

Los presentes resultados muestran la utilidad del registro electroencefalográfico para examinar la relación activación sexual/sincronización cortical y permiten sugerir que un menor grado de acoplamiento electroencefalográfico entre áreas corticales pudiera favorecer la activación sexual en ratas macho.

Referencias

- Ågmo, A., Villalpando, A., Picker, Z., & Fernández, H. (1995). Lesions of the medial prefrontal cortex and sexual behavior in the male rat. *Brain Research*, 696, 177-86.
- Ågmo, A. (1999). Sexual motivation – an inquiry into events determining the occurrence of sexual behavior. *Behavioral Brain Research*, 105, 129-50.
- Ågmo, A. (2007). *Functional and dysfunctional sexual behavior. A synthesis of neuroscience and comparative psychology*, San Diego, CA, EE.UU.: Academic Press.
- Benson, G. S. (1988). Male sexual function: erection, emission and ejaculation. En E.M., Knobil & J. Neill (Eds.), *The physiology of reproduction* (pp. 1121-1136). New York, NY. EE.UU.: Raven Press.
- Bunnell, B. N., Friel, J., & Flesher, C. K. (1966). Effects of median cortical lesions on the sexual behavior of the male hamster. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 61, 492-495.
- Everitt, B. J., & Stacey, P. (1987). Studies of instrumental behavior with sexual reinforcement in male rats (*Rattus norvegicus*): II. Effects of preoptic area lesions, castration, and testosterone. *Journal of Comparative Psychology*, 101, 407-419.
- Guevara, M. A., & Corsi-Cabrera, M. (1996). EEG coherence or EEG correlation?. *International Journal of Psychophysiology*, 23, 145-53.
- Guevara, M. A., Ramos, J., Hernández González, M., Madera Carillo, H., & Corsi Cabrera M. (2000) CAPTUSEN: Un Sistema para la Adquisición Computarizada del EEG y Potenciales relacionados a eventos. *Revista Mexicana de Psicología*, 14, 5-12.
- Guevara, M. A., Ramos, J., Hernández-González, M., Zarabozo, D., & Corsi-Cabrera, M. (2003). POTENCOR: a program to calculate power and correlation spectra of EEG

signals. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 72, 241-50.

Guevara, M. A., Martínez-Pelayo, M., Arteaga-Silva, M, Bonilla-Jaime, H., & Hernández-González, M. (2008). Electrophysiological correlates of the mesoaccumbens system during male rat sexual behaviour, *Physiology & Behavior*, 95, 545-52.

Hernández-González, M., Guevara, M. A., & Ågmo, A. (2008). Motivational influences on the degree and direction of sexual attraction. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1129, 61-87.

Hernández-González, M., & Guevara, M. A. (2009). Participation of the prefrontal cortex in the processing of sexual and maternal incentives. En L. LoGrasso & G. Morretti (Eds.). *Prefrontal cortex: Roles, Interventions and Traumas*. (pp.115-156). New York, NY. EE.UU.: Nova Science Publishers, Inc.

Hernández-González, M., Prieto-Beracoechea, C. A., Arteaga-Silva, M., & Guevara, M. A. (2007). Different functionality of the medial and orbital prefrontal cortex during a sexually motivated task in rats. *Physiology and Behavior*, 90, 450-458.

Hernández-González, M. (2000). Prepubertal genital grooming and penile erection in relation to sexual behavior of rats, *Physiology and Behavior*, 71, 51-56.

Hurtazo, H. A., & Paredes R. G. (2005). Olfactory preference and Fos expression in the accessory olfactory system of male rats with bilateral lesions of the medial preoptic area/anterior hypothalamus. *Neuroscience*, 135, 1035-1044.

Hurtazo, H. A., Paredes, R. G., & Ågmo, A. (2008). Inactivation of the medial preoptic area/anterior hypothalamus (MPOA/AH) by lidocaine reduces male sexual behavior and sexual incentive motivation in male rats. *Neuroscience*, 152, 331-337.

Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Review*, 29, 169-95.

Klimesch, W, Sauseng, P., Hanslmayr, S., Gruber, W., & Freunberger, R. (2007). Event-related phase reorganization may explain evoked neural dynamics. *Neuroscience and Biobehavioral Review*, 31, 1003-1016.

Kollack-Walker, S., & Newman, S. W. (1995) Mating and agonist behavior produce different patterns of Fos immunolabeling in the male Syrian hamster brain. *Neuroscience*. 66, 721-736.

Korzeniewska, A., Kasicki S., & Zagrodzka, J. (1997).

Electrophysiological correlates of the limbic-motor interactions in various behavioral states in rats. *Behavioural Brain Research*, 87, 69-83.

Liu, Y. C., Sachs, B. D., & Salamone, J. D. (1998). Sexual behavior in male rats after radiofrequency or dopamine-depleting lesions in nucleus accumbens. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 60, 585-592.

Lopes da Silva, F. (1991). Neural mechanisms underlying brain waves: from neural membranes to networks. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 79, 81-93.

Maras, P. M., & Petrulis, A. (2006). Chemosensory and steroid-responsive regions of the medial amygdala regulate distinct aspects of opposite-sex odor preference in male Syrian hamsters. *European Journal of Neuroscience*, 24, 3541-3552.

Meisel, R. I., & Sachs, B. D. (1994). The physiology of male sexual behavior. En E. M. Knobil & J. D. Nelly. (Eds.), *The physiology of reproduction* (2a. Ed.) (pp. 3-105). New York, NY, EE.UU: Raven Press.

Paxinos, G., & Watson, C. (1997). *The rat brain in stereotaxic coordinates*. New York, NY, EE.UU: Academic Press.

Porjesz, B., Jones, K., & Begleiter, H. (2004). The genetics of oscillations in

the human brain. *Supplements to Clinical Neurophysiology*, 57, 441-449.

Sachs, B. D., & Barfield, R. J. (1976). Functional analysis of masculine copulatory behavior in the rat. En: R. A. Hinde, E., Shaw & Beer, C. (Eds.), *Advances in the study of behavior* (pp. 91-154). New York, NY, EE.UU: Academic Press.

Sachs, B. D. (1997). Erection evoked in male rats by airborne scent from estrous females, *Physiology and Behavior*, 62, 921-924.

Sachs, B. D. (2007). A contextual definition of male sexual arousal. *Hormones and Behavior*, 5, 569-578.

Sachs, B. D., Akasofu, K., Citron, J. H., Daniels, S. B., & Natoli, J. H. (1994). Noncontact stimulation from estrous females evokes penile erection in rats. *Physiology and Behavior*, 55, 1073-1079.

Sachs, B. D., & Liu Y. (1998). Mounting and brief noncontact exposures of males to receptive females facilitate reflexive erection in rats, even after hypogastric nerve section, *Physiology and Behavior*, 65, 413-421.

Shaw, J. C. (1984). Correlation and coherence analysis of the EEG: A selective tutorial review. *International Journal of Psychophysiology*, 1, 255-66.

Vanderwolf, C. H. (1969). Hippocampal electrical activity and voluntary movement in the rat. *Electroencepalography and Clinical Neurophysiololy*, 407-418.

Wood, R. I. (1998). Integration of chemosensory and hormonal input in the male Syrian hamster brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 855, 362-372.

M

Memoria de trabajo visoespacial evaluada a través de los Cubos de Corsi: cambios con relación a la edad

Correspondencia: Dr. Miguel Ángel Guevara. Laboratorio de Correlación Electroencefalográfica y Conducta. Instituto de Neurociencias, Universidad de Guadalajara. Francisco de Quevedo 180, Col. Arcos Vallarta, Guadalajara, Jal. MÉXICO. C.P. 44130 Fax: (52) (33) 37771150, ext. 33362. Correo electrónico: miguevara@cencar.udg.mx

Agradecimientos:

Agradecemos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por las becas otorgadas a los estudiantes de posgrado del Instituto de Neurociencias que participaron en la realización del presente trabajo.

Miguel Ángel Guevara

Laboratorio de Correlación Electroencefalográfica y Conducta. Instituto de Neurociencias. CUCBA, Universidad de Guadalajara.

Marisela Hernández González

Laboratorio de Neurofisiología de la Conducta Reproductiva. Instituto de Neurociencias. CUCBA, Universidad de Guadalajara.

Jorge Carlos Hevia Orozco, Lucía Ester Rizo Martínez & Mayra Linné Almanza Sepúlveda

Doctorado en Ciencia del Comportamiento, opción Neurociencia. Instituto de Neurociencias. CUCBA, Universidad de Guadalajara.

Resumen

Se ha postulado que el desarrollo de la memoria de trabajo está en correspondencia directa con la maduración de la corteza prefrontal (CPF), la cual alcanza su madurez alrededor de la tercera década de la vida. El presente trabajo fue desarrollado con la finalidad de explorar la eficiencia de la memoria de trabajo en relación con algunos periodos de maduración de la CPF a través de la ejecución de los Cubos de Corsi en secuencia inversa. Participaron 36 varones divididos en 3 grupos (n=12), grupo 1 (G1): 11-13 años; grupo 2 (G2): 18 -20 años y grupo 3 (G3): 26 a 30 años de edad. Los grupos G2 y G3 presentaron un

mayor número de aciertos y un mayor número de elementos retenidos en la memoria con respecto al grupo G1. Sólo el grupo G3 mostró un menor tiempo total de ejecución con respecto al G1. Estos resultados otorgan nueva evidencia de que la correcta ejecución de los Cubos de Corsi se alcanza al inicio de la adultez (18 -20 años), mientras que la eficiencia en la memoria de trabajo visoespacial se obtiene hasta el final de la tercera década de la vida (26 a 30 años de edad). Estos hallazgos se suman a la propuesta de que la memoria de trabajo visoespacial presenta un desarrollo gradual conforme a la edad.

Palabras clave: memoria de trabajo, visoespacial, Cubos de Corsi, ontogenia, maduración.

Age-related changes in visuospatial working memory as assessed by the Corsi Block-Tapping Task

Abstract

It has been proposed that the development of working memory proceeds in a direct correspondence with the maturation of the prefrontal cortex (PFC), an area of the brain that reaches maturity around the third decade of life. The present study was carried out in order to explore the efficiency of working memory in relation to certain periods

of the maturation of the PFC through implementation of the inverse sequence of the Corsi Block-Tapping task. Participants in this experiment were 36 men divided into 3 groups ($n = 12$): group 1 (G1), 11-13 years of age; group 2 (G2), 18-20 years; and group 3 (G3), 26-30 years. G2 and G3 had higher numbers of correct trials and more elements retained in memory compared to G1. However, only G3 showed a lower total runtime than G1. These results provide additional evidence that adequate performance of the Corsi Block-Tapping task is not attained until the stage of early adulthood (18-20 years), while the efficiency of visuospatial working memory is not achieved until the end of the third decade of life (26-30 years); findings that lend further support to the proposal that visuospatial working memory develops gradually with aging.

Keywords: working memory, visuospatial, Corsi Block-Tapping task, ontogeny, maturation.

Introducción

La memoria de trabajo es un proceso que permite retener y manipular la información en el corto plazo, con el propósito de guiar las respuestas y conductas futuras (Baddeley, 1998). Dado que este proceso se ha relacionado con el desarrollo de la inteligencia, la

adquisición de conocimientos y habilidades nuevas (Gathercole & Pickering, 2001), se ha convertido en uno de los constructos centrales en las teorías de la cognición (Daneman & Carpenter, 1980), por lo que es de interés para las neurociencias investigar su ontogenia.

Uno de los modelos de memoria de trabajo más influyentes es el desarrollado por Baddeley y Hitch (1974) el cual propone un sistema jerárquico de multicomponentes que incorpora de manera separada un sistema verbal y otro visoespacial que retroalimentan al ejecutivo central, el cual provee recursos atencionales a estos sistemas.

Este modelo teórico tiene sus bases en un circuito neural que involucra primordialmente a la corteza prefrontal dorsolateral (CPF DL) y su asociación con la corteza parietal posterior, la corteza temporal, el cíngulo anterior, el hipocampo y los ganglios basales (Luciana & Nelson, 1998; Curtis, Zald & Pardo, 2000).

Es importante destacar que la CPF DL es una de las últimas áreas cerebrales en alcanzar su total madurez (Klingberg, Vaidya, Gabrieli, Moseley & Hedeus, 1999; Sowell, Thompson, Holmes, Jernigan & Toga, 1999; Sowell, Trauner, Garnst & Jernigan, 2002; Sowell, Thompson, Leonard, Welcome, Kan & Toga, 2004). Si

bien comienza a desarrollarse desde el útero, su maduración continúa hasta que está bien establecida la adultez. No obstante hay ciertos periodos de la vida que resultan críticos para su maduración. Se ha puesto especial interés al desarrollo estructural y funcional a través de la primera infancia (periodo prenatal hasta los 2 años), debido a la importante sinaptogénesis y el inicio de mielinización que se observa durante esta etapa (Sowell, Peterson, Thompson, Welcome, Henkenius & Toga, 2003). Estudios han reportado que alrededor de los 7 meses el infante es capaz de detectar los objetivos en determinados eventos, lo que se considera como las primeras señales del procesamiento de la memoria de trabajo (Bartsch & Wellman, 1989; Flavell, 1999).

Sin embargo, es el periodo de los 11 a los 13 años de edad cuando se marca un tiempo de cambios significativos en el desarrollo de materia gris cortical en el lóbulo frontal (De Luca & Leventer, 2008). Mientras tanto, la materia blanca continúa su desarrollo y mielinización de manera sostenida (Rapoport et al., 1999). De ese periodo en adelante el volumen de materia gris disminuye lentamente, en primer lugar como parte de un proceso de poda, que permite, durante la etapa adulta, optimizar la conexión sináptica en el circuito

frontal (Sowell et al., 2003). Es entre los 20 y 30 años cuando se observa una mielinización casi completa, proceso que ha sido considerado un índice de la maduración cortical. El cambio cerebral en la mielina postero-anterior se ha correlacionado con el desarrollo de las funciones cognitivas (Giedd, et al., 1999). Diversos estudios han sugerido que de entre los 24 a los 30 años se observa una maduración de la memoria de trabajo (De Luca, et al., 2003).

A partir de esta evidencia es que se ha propuesto que la ejecución de la memoria de trabajo está en correspondencia directa con la maduración de la CPF (Casey, Giedd & Thomas, 2000). Si bien diversos trabajos han estudiado el desarrollo de la memoria de trabajo a través de la edad (Pickering, Gathercole, Hall & Lloyd, 2001; Logie & Pearson, 1997; Isaacs & Vargha-Khadem, 1989; Luciana, Conklin, Hooper & Yarger, 2005; Luna, Garber, Urban, Lazar & Sweeney, 2004) aún no se ha investigado a detalle la relación entre la ontogenia de la memoria de trabajo y algunos periodos de maduración de la CPF que, en base a los estudios anteriormente mencionados, se podrían dividir de la siguiente manera: entre los 11 y 13 años de edad la CPF aún presenta características de inmadurez (Braver, Cohen, Nystrom,

Jonides, Smith & Noll, 1997; Kwon, Reiss & Menon, 2002), hasta la tercera década de la vida, de los 26 a los 30 años de edad, la maduración cortical es casi completa (De Luca & Leventer, 2008), en tanto que la edad de entre 18 a 20 años se considera una edad intermedia entre estos dos periodos.

Para la evaluación de la memoria de trabajo de tipo visoespacial se han empleado diferentes tareas. Una de las más utilizadas es la tarea Cubos de Corsi, la cual fue desarrollada como una contraparte visoespacial de las tareas de memoria verbal inmediata, en orden progresivo (Corsi, 1972). A partir de entonces se han realizado varias modificaciones tanto en el diseño de la prueba como en el número, el tamaño y la colocación de los cubos, así como en el ritmo de administración, las secuencias, el orden de señalamiento de los cubos y los métodos de calificación (Berch, Huha & Krikorian, 1998).

Diversos estudios han reportado que ejecutar Cubos de Corsi en orden inverso permite evaluar la memoria de trabajo y además activa áreas cerebrales relacionadas con la manipulación de la información, tales como las cortezas prefrontal dorsolateral y parietal posterior, mientras que la secuencia directa activa zonas ventrolaterales de la corteza prefrontal (Crone,

Wendelken, Donohue, van Leijenhorst & Bunge, 2006). Asimismo se ha reportado que el proceso de manipulación y la carga atencional son procesos relacionados con la memoria de trabajo (Baddeley, 2010). Con respecto al orden inverso, se ha propuesto que, a diferencia del orden directo, el primero produce una manipulación de la información al asignar nuevas posiciones al orden de las objetos obtenidos del medio ambiente; esto es, una transformación mental de la representación de los estímulos lo cual requiere una mayor demanda de atención y aumenta la probabilidad de decaimiento de las representaciones al requerir más tiempo de evaluación (Rosen & Engle, 1997).

En la mayoría de estudios donde se aplica Cubos de Corsi para evaluar la memoria de trabajo visoespacial se consideran sobre todo los parámetros de *span* y número de aciertos (o errores), sin embargo, se desconoce la relación entre la eficiencia de ejecución (medida por la velocidad de procesamiento) y la edad de los individuos. Así, con el fin de determinar si la eficiencia de la memoria de trabajo visoespacial cambia en relación con la maduración de la CPF, en este trabajo se comparó la ejecución en los Cubos de Corsi (secuencia

inversa) en varones de tres diferentes edades.

Método

Participantes

En este estudio participaron 36 voluntarios varones divididos en tres grupos según su edad: grupo 1 (G1) 12 participantes entre 11 y 13 años, ($X=11.83$, D.E. ± 0.965), grupo 2 (G2) 12 participantes entre 18 y 20 años, ($X=19.3$, D.E. ± 0.778) y grupo 3 (G3, 12 participantes entre 26 y 30 años, ($X=28$, D.E. ± 1.765).

Criterios de inclusión

Los participantes fueron reclutados en escuelas primarias o secundarias particulares o en centros universitarios de la Universidad de Guadalajara bajo los siguientes criterios: diestros, sin antecedentes de patologías psiquiátricas, neurológicas o enfermedades crónicas, sin tratamiento médico actual, con coeficiente intelectual (CI) con puntuación superior a 80, medido con la versión abreviada (diseño de cubos y vocabulario) del Wechsler Intelligence Scale for Children IV (WISC-IV) (Wechsler, 2003) para el grupo 1 y por el Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS) (Wechsler, 1997) para los grupos 2 y 3. Así como parámetros normales a normales altos en atención y memoria, valorados por la Evaluación Neuropsicológica Breve

en Español (NEUROPSI ATENCIÓN Y MEMORIA) sub pruebas detección visual (rango normal 4-24), detección de dígitos (rango normal 4-10), series sucesivas (rango normal 0-3), retención de dígitos (orden

progresivo [rango normal 4-9] y regresivo[rango normal 2-8]) (Ostrosky-Solis, Gómez, Matute, Roselli, Ardila & Pineda, 1997) (ver Tabla 1).

Tabla 1.

Medias $\pm$ 2 D.E. de las puntuaciones de los criterios de inclusión que definen las características de los participantes que integraron los diferentes grupos de este estudio.

	G1		G2		G3	
	X	D.E.	X	D.E.	X	D.E.
Edad promedio	11.83	$\pm .965$	19.3	$\pm .778$	28	± 1.765
CI (WISC-IV/WAIS)	96.16	$+ 11.429$	103.25	$+ 8.335$	103.75	$+ 9.836$
Detección visual	14	± 2.906	18.5	± 2.570	19.33	± 3.525
Detección de dígitos	9.33	$+ .739$	9.5	$+ .515$	9.5	$+ .515$
Series sucesivas	2.1	± 1.030	2.1	$\pm .905$	2.8	± 1.165
RET (progresivo)	5.41	$+ .996$	5.33	$+ .985$	5.83	$+ 1.030$
RET (regresivo)	3.91	± 1.165	4.41	$\pm .669$	3.75	$\pm .577$

Procedimiento

Las evaluaciones se realizaron en una sola sesión de 1 hr. 30 min. aproximadamente. Todos los participantes firmaron el formato de consentimiento informado y posteriormente se realizaron las evaluaciones de inclusión anteriormente mencionadas. Posterior a estas evaluaciones, dio inicio la evaluación de la tarea de Cubos de Corsi en orden inverso.

Todos los procedimientos involucrados en este experimento fueron aprobados por el Comité de Ética del Instituto de Neurociencias

de la Universidad de Guadalajara en concordancia con los estándares éticos establecidos en la Declaración del Helsinki de 1964 y todos los participantes dieron su consentimiento informado previo a su inclusión.

Instrumentos

Para evaluar la ejecución de los Cubos de Corsi, en la presente investigación se utilizó una versión computarizada llamada CUBMEMPC, desarrollada en el Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara

(Guevara, Hernández-González & Sanz, 2011) compatible con computadoras con monitores sensibles al tacto. La tarea está compuesta por una serie de 10 cubos de color azul, ordenados aleatoriamente, los cuales se encuentran sobre un rectángulo gris. La sesión de prueba comienza cuando los cubos cambian de color, comenzando con una serie de dos cubos, incrementando un cubo en cada secuencia hasta llegar a 7 cubos.

Al finalizar cada ensayo, el participante debe tocar en la pantalla cada uno de los cubos anteriormente iluminados siguiendo el orden inverso de la secuencia presentada, es decir del último cubo al primero. El total de ensayos de secuencias de cubos es de 24. El intervalo de activación entre cada cubo es de 1 segundo. Las secuencias van desde 2 elementos hasta 7 elementos.

Para su evaluación se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

- Número máximo de elementos retenidos en la memoria.
- Número de ensayos correctos.
- Tiempo de ejecución total de la tarea*.
- Latencia de inicio*.

*El tiempo total de ejecución y la latencia de inicio se consideraron como parámetros indicadores de la eficiencia en la memoria de trabajo, entendida como la capacidad de reducir al mínimo la cantidad de recursos

utilizados (tiempo) para alcanzar una meta (Mokate, 1999; Hale, 1990; Merriam-Webster, 1986).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza entre los tres grupos considerados para los parámetros: número máximo de elementos retenidos en la memoria, número de ensayos correctos, tiempo total de ejecución de la tarea y la latencia de inicio, seguido de una prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados

Se encontraron diferencias significativas en el número máximo de elementos retenidos en la memoria [$F_{(2,33)}=13.07$, $p \leq 0.0001$], en G2 y G3 con respecto a G1. Los participantes de los dos primeros grupos retuvieron mayor cantidad de elementos dentro de cada secuencia, en comparación con los participantes de G1.

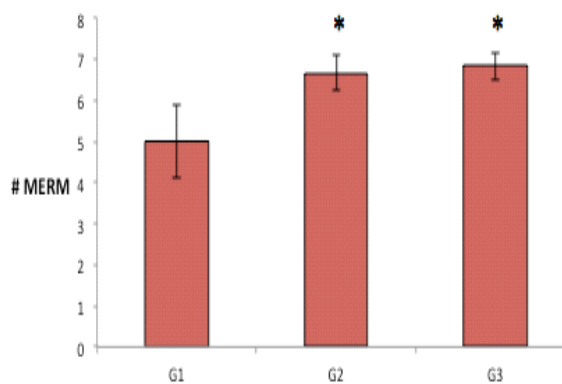


Figura 1. Media $\pm$ 2 E.S. del número máximo de elementos retenidos en la memoria (# MERM) de los participantes de los diferentes grupos.

* $p \leq 0.05$ respecto al grupo 1.

Con respecto al parámetro número de ensayos correctos se encontraron diferencias significativas [$F_{(2,33)}=13.92$, $p \leq 0.0000$] entre G2 y G3 con respecto a G1, ya que los dos primeros tuvieron una mayor cantidad de ensayos correctos en comparación a G1.

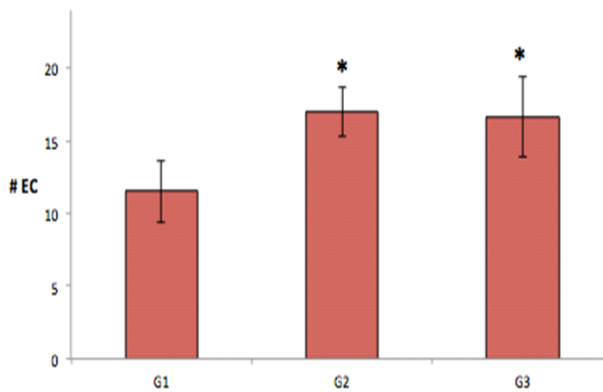


Figura 2. Media $\pm$ 2 E.S. del número de ensayos correctos (# EC) obtenidos por los participantes de los diferentes grupos. * $p \leq 0.05$ respecto al grupo 1.

Con relación al parámetro de tiempo total de ejecución (en segundos) se encontró una diferencia significativa [$F_{(2,33)}=5.13$, $p \leq 0.01$] solamente entre G3 con respecto a G1 teniendo el primero un menor tiempo de ejecución de la tarea que G1 (Figura 3).

No se encontraron diferencias entre grupos en la latencia de inicio ya que los tres grupos presentaron resultados similares.

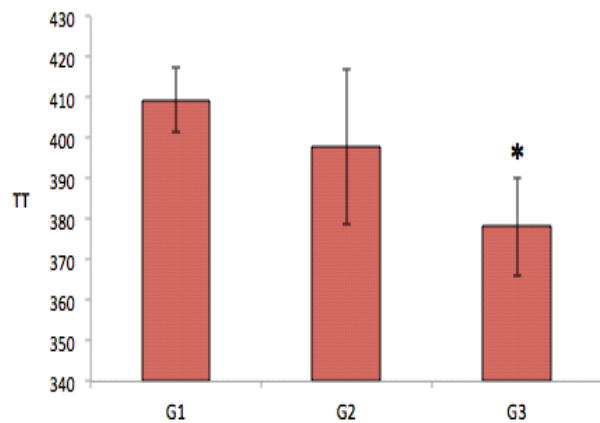


Figura 3. Media $\pm$ 2 E.S. del tiempo total de ejecución (TT, en segundos) de los participantes de los diferentes grupos. * $p \leq 0.05$ respecto al grupo 1.

Discusión

Los resultados de este trabajo muestran que la ejecución en la tarea de Cubos de Corsi se estabiliza al inicio de la adultez (18 - 20 años) en cuanto a la calidad en la ejecución (número máximo de elementos retenidos en la memoria y número de ensayos correctos), mientras que es hasta la edad de 26 a 30 años cuando se alcanza la mayor velocidad en la ejecución de la tarea. Estos datos aportan nueva evidencia de que la eficiencia en la memoria de trabajo visoespacial se alcanza hasta el final de la tercera década de la vida en hombres jóvenes (26 a 30 años de edad).

Los participantes de los grupos G2 y G3 lograron retener un mayor

número de elementos en la memoria con respecto a los participantes de G1; lo que podría sugerir que la mayor capacidad de retención de elementos se da posterior a los 13 años. En un estudio previo de nuestro laboratorio se encontró que los varones en la adultez temprana (26 a 30 años) presentan una mayor correlación EEG prefronto-parietal respecto a los participantes de 11 a 13 años (Hevia, 2013). Así, es probable que la pobre ejecución que presentaron los sujetos de G1 se deba a que las conexiones entre la corteza prefrontal y la corteza parietal no han alcanzado su máximo desarrollo, como ha sido propuesto por otros autores (Bava, Thayer, Jacobus, Ward, Jernigan & Tapert, 2010).

Si bien en la literatura existen numerosos estudios que han explorado la memoria de trabajo a través de la edad (Pickering et al., 2001; Logie & Pearson, 1997; Isaacs & Vargha-Khadem, 1989; Luciana et al., 2005; Luna et al., 2004; Antunes, Zachi, Roque, Taub, & Fix, 2011), en varios de ellos se han clasificado las edades con base en la escolaridad, o bien se han agrupado en rangos de edad muy amplios que involucran periodos de desarrollo cerebral muy diferentes. En el presente trabajo se encontraron claras diferencias en la evaluación de la memoria de trabajo en periodos de edad que se ha reportado corresponden a inmadurez

(11 a 13 años), etapa intermedia (18 a 20 años) y maduración total (26 a 30 años) de la CPF

Pagulayan, Busch, Medina, Bartok y Krikorian (2006), mediante la aplicación de Cubos de Corsi reportaron un incremento gradual en la capacidad de retener elementos en la memoria presentando un período de meseta entre los 14 y los 21 años, en tanto que en nuestro estudio esta mayor capacidad fue observada a partir de los 18 años. Estas diferencias pueden resultar del orden en el que se aplicó la tarea; los autores mencionados lo realizaron en orden directo y en este trabajo se aplicó el orden inverso. Pareciera que en el orden directo, la correcta ejecución se alcanza a partir de los 14 años, mientras que en el orden inverso se observa a partir de los 18 años, por lo que es probable que la habilidad para manipular la información de manera correcta se adquiera al final de la segunda década de la vida (18 a 20 años), lo que va en concordancia con las teorías de la maduración cortical (De Luca & Leventer, 2008).

Al igual que en la retención de elementos en la memoria, los grupos G2 y G3 presentaron un mayor número de ensayos correctos respecto al grupo G1. Estas observaciones son consistentes con los hallazgos encontrados por Crone et al. (2006) quienes en una tarea de

manipulación de la información reportaron que niños de 8 a 12 años presentaron un menor número de respuestas correctas, comparados con un grupo de 18 a 25 años en el mantenimiento de la información (orden directo) y que estas diferencias se incrementaron dramáticamente en la manipulación de la misma información (orden inverso). Se ha descrito que el incremento de sustancia blanca, en las regiones frontales y parietales que se presenta en la tercera década de la vida se relaciona con una mejora en la ejecución de tareas cognoscitivas (Sowell, Thompson, Tessner & Toga, 2001; Nagy, Westerberg & Klingberg, 2004), por tanto es probable que el dominio en la ejecución (calidad y velocidad) en la tarea de Cubos de Corsi se asocie con la maduración de regiones corticales indispensables para la adecuada ejecución de esta tarea, como lo es la CPF. Estos resultados son concordantes con lo encontrado por Guevara, Rizo-Martínez, Robles-Aguirre y Hernández-González (2012) quienes además de encontrar mayor eficiencia en tareas que evalúan funciones ejecutivas en participantes postadolescentes con respecto a edades más tempranas, también encontraron un aumento de la correlación EEG entre regiones fronto-parietales con relación a la edad.

Uno de los resultados más interesantes de este estudio es que sólo los participantes del grupo G3 presentaron una mayor eficiencia para ejecutar la tarea de Cubos de Corsi, ya que no solo la resolvieron adecuadamente sino que además la terminaron en un menor tiempo. Con respecto al tiempo total de ejecución se ha descrito que conforme avanza la edad se produce un aumento en la velocidad de procesamiento de la información (Chuah & Maybery, 1999) y que muy probablemente esta velocidad sea el factor más importante para la adquisición y el mantenimiento de la efectividad en la ejecución de las tareas de memoria de trabajo, al prevenir el decaimiento de las representaciones internas del medio ambiente (Salthouse, 1992).

De Luca y Leventer (2008) reportaron que la completa mielinización de los axones corticales ocurre alrededor de los 20 a los 29 años. Se ha propuesto que esta mayor mielinización produce un aumento en la velocidad de conducción de los impulsos nerviosos lo cual se ha relacionado con una mejor ejecución de tareas cognoscitivas (Curtis et al., 2000). Por tanto, es probable que la mayor velocidad en el procesamiento de los adultos jóvenes obtenida en este estudio pudiera explicarse por la mayor mielinización anteriormente descrita.

En resumen, los resultados de este trabajo dan evidencia de que mientras la correcta ejecución en los Cubos de Corsi ocurre al inicio de la adultez (18 -20 años), la eficiencia en la memoria de trabajo visoespacial se alcanza hasta el final de la tercera década de la vida (26 a 30 años de edad). Estos hallazgos se suman a la propuesta de que la memoria de trabajo visoespacial presenta un desarrollo gradual conforme a la edad.

Referencias

- Antunes, R., Zachi, E., Roque, D., Taub, A., & Fix, D. (2011). Memory span measured by the spatial span tests of the Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery in a group of Brazilian children and adolescents. *Dement Neuropsychology*, 5(2), 129-134.
- Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). Working memory. En G. Bower, *The psychology of learning and motivation* (pp. 47-89). New York: Academy Press.
- Baddeley, A. (1998). Recent development in working memory. *Current Opinion in Neurobiology*, 8, 234-238.
- Baddeley, A. (2010). Working memory. *Current Biology*, 20(4), 136-140.
- Bartsch, K., & Wellman, H. (1989). Young children's attribution of action to beliefs and desires. *Child Development*, 60(4), 946-964.
- Bava, S., Thayer, R., Jacobus, J., Ward, M., Jernigan, T., & Tapert, S. (2010). Longitudinal characterization of white matter maturation during adolescence. *Brain Research*, 23(1327), 38-46.
- Berch, D., Huha, E., & Krikorian, R. (1998). The Corsi Block-Tapping Task: Methodological and theoretical considerations. *Brain and Cognition*, 38, 317-338.
- Braver, T., Cohen, J., Nystrom, L., Jonides, J., Smith, E., & Noll, D. (1997). A parametric study of prefrontal cortex involvement in human working memory. *Neuroimage*, 5, 49-62.
- Casey, B., Giedd, J., & Thomas, K. (2000). Structural and functional brain development and its relation to cognitive development. *Biological Psychology*, 54, 241-257.
- Chuah, L., & Maybery, M. (1999). Verbal and spatial short-term memory: Common sources of developmental change?. *Journal of Experimental Child Psychology*, 73, 7-44.

Corsi, P. (1972). Human memory and the medial temporal region of the brain. Montreal.

Crone, E., Wendelken, C., Donohue, S., van Leijenhorst, L., & Bunge, S. (2006). Neurocognitive development of the ability to manipulate information in working memory. *Proceedings of the National Academy Sciences*, 103(24), 9315–9320.

Curtis, C., Zald, D., & Pardo, J. (2000). Organization of working memory within the human prefrontal cortex: a PET study of self-ordered object working memory. *Neuropsychologia*, 38, 1503-1510.

Daneman, M., & Carpenter, P. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 19, 450-466.

De Luca, C., Wood, S., Anderson, V., Buchanan, J. A., Proffitt, T., Mahoney, K., et al. (2003). Normative data from the cantab I: development of executive function over the lifespan. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 25 (2), 242-254.

De Luca, C., & Leventer, R. (2008). Developmental trajectories of executive functions across the lifespan. En V. Anderson, R. Jacobs, & P. Anderson, *Executive Functions and the Frontal Lobes: A Lifespan*

Perspective (pp. 23-56). New York: Taylor & Francis Group.

Flavell, J. (1999). Cognitive development: Children's knowledge about the mind. *Annual Review of Psychology*, 50, 21-45.

Gathercole, S., & Pickering, S. (2001). Working memory deficits in children with special educational needs. *British Journal of Special Education*, 28(2), 89-97.

Giedd, J., Blumenthal, J., Jeffries, N., Castellanos, F. X., Liu, H., Zijdenbos, A., et al. (1999). Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study. *Nature*, 861-863.

Guevara, M., Hernández-González, M., Sanz-Martín, A., & Amezcua-Gutierrez, C. (2011). Programas computacionales para evaluar funcionalidad cognoscitiva. En L. Chacón-Gutierrez, J. M. Roca-Chiapas, J. A. Barradas-Bribiesca, & A. E. Rivera-Cisneros, *Cómo tomamos decisiones: cuerpo, mente y estilos de vida* (pp. 129-170). Guanajuato, Guanajuato, México: Universidad de Guanajuato.

Guevara, M., Rizo-Martínez, L., Robles-Aguirre, F., & Hernández-González, M. (2012). Prefrontal-parietal correlation during performance of the towers of Hanoi task in male children, adolescents

- and young adults. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2, 129-138.
- Hale, S. (1990). A global developmental trend in cognitive processing speed. *Child development*, 61, 653-663.
- Hevia, J. (2013). *Correlación electroencefalográfica en niños, adolescentes y adultos: un paso más hacia el entendimiento en la ontogenia de la memoria de trabajo. Tesis (Maestría en Neurociencia)*. Guadalajara, Jalisco.
- Isaacs, E., & Vargha-Khadem, F. (1989). Differential course of development of spatial and verbal memory span: A normative study. *British Journal of Developmental Psychology*, 7(4), 377-380.
- Klingberg, T., Vaidya, C., Gabrieli, J., Moseley, M., & Hedehus, M. (1999). Myelination and organization of the frontal white matter in children: A diffusion tensor MRI study. *Neuroreport*, 10, 2817-2821.
- Kwon, H., Reiss, A. L., & Menon, V. (2002). Neural basis of protracted developmental changes in visuo-spatial working memory. *Proceeding of the National Academy Sciences*, 99(20), 1336-1341.
- Logie, R., & Pearson, D. (1997). The inner eye and the inner scribe of visuo-spatial working memory: Evidence from developmental fractionation. *European Journal of Cognitive Psychology*, 9(3), 241-257.
- Luciana, M., & Nelson, C. (1998). The functional emergence of prefrontally-guided working memory systems in four- to eight-year-old children. *Neuropsychologia*, 36 (3), 273-293.
- Luciana, M., Conklin, H., Hooper, C., & Yarger, R. (2005). The development of nonverbal working memory and executive control processes in adolescents. *Child Development*, 76(3), 697-712.
- Luna, B., Garber, K., Urban, T., Lazar, N., & Sweeney, J. (2004). Maturation of cognitive processes from late childhood to adulthood. *Child Development*, 75 (5), 1357-1372.
- Merriam-Webster Inc. (1986). *Webster's third new international dictionary of the english language*. Massachusetts, U.S.A.
- Mokate, K. (1999). Diseño y gerencia de políticas y programas sociales. Banco Interamericano de Desarrollo. *Instituto Interamericano para el Desarrollo Social (INDES)*.
- Nagy, Z., Westerber, H., & Klingberg, T. (2004). Maturation of white matter is associated with the development of cognitive functions during

childhood. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(7), 1227–1233.

Ostrosky-Solis, F., Gómez, M., Matute, E., Roselli, M., Ardila, A., & Pineda, D. (1997). *Neuropsi Atención y Memoria*. México, D.F., México: Manual Moderno.

Pagulayan, K., Busch, R., Medina, K., Bartok, J., & Krikorian, R. (2006). Developmental normative data for the Corsi Block-Tapping Task. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 28, 1043–1052.

Pickering, S., Gathercole, S., Hall, M., & Lloyd, S. (2001). Development of memory for pattern and path: Further evidence for the fractionation of visuo-spatial memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A(2), 397–420.

Rapoport, J., Giedd, J., Blumenthal, J., Hamburger, S., Jeffries, N., Fernández, T., et al. (1999). Progressive cortical change during adolescence in childhood-onset esquizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 56, 649-654.

Rosen, V., & Engle, R. (1997). Forward and backward serial recall. *Intelligence*, 25(1), 37-47.

Salthouse, T. (1992). Influence of processing speed on adult age differences in working memory. *Acta psychologica*, 79, 155-170.

Sowell, E., Thompson, P., Holmes, C., Jernigan, T., & Toga, A. (1999). In vivo evidence for post-adolescent brain maturation in frontal and striatal regions. *Nature Neuroscience*, 2, 859-861.

Sowell, E., Thompson, P., Tessner, K., & Toga, A. (2001). Mapping continued brain growth and gray matter density reduction in dorsal frontal cortex: Inverse relationships during postadolescent brain maturation. *The Journal of Neuroscience*, 21(22), 8819-8829.

Sowell, E., Trauner, D., Garnst, A., & Jernigan, T. (2002). Developmental of cortical and subcortical brain structures in childhood and adolescence: a structural MRI study. *Developmental medicine and child Neurology*, 44, 4-16.

Sowell, E., Peterson, B., Thompson, P., Welcome, S., Henkenius, A., & Toga, A. (2003). Mapping critical change across the human lifespan. *Nature Neuroscience*, 6(3), 309-315.

Sowell, E., Thompson, P., Leonard, C., Welcome, S., Kan, E., Toga, Arthur, et al. (2004). Longitudinal mapping of cortical thickness and brain growth in normal children. *The Journal of Neuroscience*, 24(38), 8223– 8231.

Wechsler, D. (1997). *Escala de inteligencia para adultos, WAIS-Español*. México, D.F., México: El Manual Moderno.

Wechsler, D. (2003). *Wechsler Intelligence scale for children (WISC-IV)*. San Antonio, Texas, E.E.U.U.: Psychological Corporation.

Reconocimiento emocional y problemas de comportamiento social en niños con TDAH

Alejandra Michel Taracena

Maestría en Ciencia del Comportamiento, Orientación Neurociencia. CUCBA, Universidad de Guadalajara. Jalisco, México.

Julieta Ramos-Loyo

Instituto de Neurociencias. CUCBA, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México.

Esmeralda Matute

Instituto de Neurociencias. CUCBA, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México.

Andrés A. González-Garrido

Instituto de Neurociencias. CUCBA, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México.

Luis Miguel Sánchez-Loyo

Departamento de Neurociencias. CUCS, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México.

Correspondencia: Dra. Julieta Ramos-Loyo, Instituto de Neurociencias. CUCBA, Universidad de Guadalajara, Francisco de Quevedo 180, Col. Arcos Vallarta. Guadalajara, Jal. MÉXICO. CP 44130. Correo electrónico: jramos@cencar.udg.mx

Resumen

Los niños con Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH), además de presentar problemas en la atención y un comportamiento hiperactivo-impulsivo, presentan dificultades para adaptarse socialmente, debido a su escaso control y regulación de su expresión emocional. Uno de los requisitos para que se lleve a cabo una adecuada regulación de la expresión emocional es el óptimo reconocimiento de las expresiones emocionales de los demás. El objetivo del estudio fue identificar los posibles déficits en la habilidad para reconocer expresiones emocionales y los problemas en la regulación emocional en niños con TDAH. Participaron 15 niños varones con un diagnóstico de TDAH, pareados con 15 niños sanos, entre 7 y 11 años. Se aplicaron tareas de reconocimiento emocional facial, prosódico y en contexto social, así como el inventario de problemas de comportamiento (CBCL). No se observaron diferencias significativas

entre los dos grupos en las tareas de reconocimiento emocional. En el inventario CBCL se observaron mayores problemas de comportamiento y de regulación emocional en el grupo con TDAH que en el control. En conclusión, los resultados del presente trabajo indican que los niños TDAH no muestran déficits en el reconocimiento de emociones en sus distintas modalidades, aunque sí presentan mayores problemas comportamentales en su contexto social, sin existir una relación entre ambos aspectos.

Palabras clave: TDAH, reconocimiento emocional, problemas de comportamiento.

Emotional recognition and social behavioral problems in children with ADHD

Abstract

Children with Attention Deficit and Hyperactivity Disorder (ADHD), in addition to present difficulties in attention and hyperactive-impulsive behavior, they have difficulties to adapt to their social environment due to their reduce emotional expression control and regulation. One of the requirements for an appropriate emotional expression regulation is the optimal emotional recognition of others emotional expressions. The objective of the present study was to

identify the possible deficits in the ability for emotional expression recognition and behavioral problems and emotional regulation in children with ADHD. Fifteen male children diagnosed with ADHD participated in the study. They were paired with 15 healthy children, between 7 and 11 years old. Facial, prosodic and social context emotional recognition tasks were applied, as well as the Child Behavior Checklist (CBCL). No differences were observed between groups in any emotional recognition task. ADHD showed higher behavioral and emotional regulation problems than the control group. In summary, present results suggest that ADHD children do not show emotional recognition problems in any modality; however they do present higher behavioral problems in their social context, without a relationship between both aspects.

Keywords: ADHD, emotional recognition, behavioral problems.

Introducción

El Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH) es uno de los problemas de neurodesarrollo más comunes en niños de edad escolar. De acuerdo con el Manual de Diagnóstico de los Trastornos Mentales en su quinta edición DSM-V (por sus siglas en inglés), el TDAH se caracteriza por la presencia de patrones persistentes de inatención

y/o hiperactividad-impulsividad que interfieren con el funcionamiento o el desarrollo (American Psychiatric Association, 2013). Si bien, el diagnóstico clínico se emite con base en características comportamentales, en los niños que lo presentan se observan con frecuencia rasgos relacionados con baja tolerancia a la frustración, irritabilidad o labilidad emocional (APA, 2013). Esta complejidad del cuadro conlleva a limitaciones en el funcionamiento del niño en los ámbitos familiar, escolar y social. Con relación a este último aspecto, se ha reportado que con frecuencia presentan dificultades para establecer o conservar relaciones sociales, mala reputación entre los compañeros, conflictos con los amigos y rechazo por parte de personas en los ámbitos sociales en los que se desenvuelven (Gentschel & McLaughlin, 2000).

Se ha sugerido que esta problemática en el establecimiento y mantenimiento de las relaciones sociales se asocia con una dificultad en el control (Barkley, 1997) o regulación emocional (Brown, 2002; Gueveremont & Dumas, 1994), ya que estos niños sobreexpresan la emoción debido a problemas para inhibir sus reacciones emocionales ante distintos eventos (Barkley, 1997). De hecho, Gentschel y McLaughlin (2000) plantean que el TDAH debe ser visto como un trastorno de incapacidad social.

Al parecer, los niños con TDAH son menos capaces de “internalizar” sus sentimientos, de mantenerlos para sí mismos y de moderarlos como otros lo harían. Por ende, aparentan ser menos maduros emocionalmente, más reactivos con sus sentimientos y más impetuosos e irritables, además de que se frustran fácilmente (Barkley, 1997); exhiben falta de conocimiento de normas sociales, inatención a las señales sociales, dificultades para interpretar la información social (Dodge & Newman, 1981), así como para adoptar la perspectiva de otros y evaluar las intenciones de los demás (Dodge, 1991). Cuando adolescentes, muestran escasas competencias sociales y capacidad comunicativa (Clark, Prior & Kinsella, 2002; Greene, Biederman, Faraone, Sienna & García-Jetton, 1997; Henker & Whalen, 1989; Pelham & Bender, 1982) y presentan problemas de conducta (Beauchaine, Hinshaw, & Pang, 2010).

No obstante, pocos son los estudios que han tratado de vincular los problemas de conducta social en los niños con TDAH con una dificultad en el control emocional. Un abordaje de este tipo pudiera ayudar a comprender los mecanismos subyacentes (Celestin-Westreich & Celestin, 2013).

La competencia emocional incluye la capacidad para reconocer las emociones, regularlas y expresarlas

adecuadamente. Las señales emocionales, ya sean visuales o auditivas, pueden corresponder a una respuesta emocional, pero además son una fuente importante para la comunicación social (Adolphs, 2002). De hecho, se ha reportado que la habilidad para reconocer y denominar emociones expresadas por otras personas, predice la competencia social en los niños (McKown, Gumbiner, Russo & Lipton, 2009; Mostow, Izard, Fine & Trentacosta, 2002).

Se ha sugerido que el origen de esta baja competencia social y emocional en los niños con TDAH es multifactorial y uno de los factores que puede estar implicado es la dificultad para discriminar tanto la expresión facial y verbal de las emociones, como la intensidad con la que éstas son expresadas por otros (Celestin-Westreich & Celestin, 2013, para una revisión). La alteración en el reconocimiento emocional pudiera repercutir en sus ya existentes problemas para la comprensión, regulación y expresión de sus emociones. Esta dificultad en la comprensión y la expresión de las emociones se encontraría a la base de sus limitaciones en la adaptación a su entorno social.

De hecho, los resultados de algunos estudios conductuales sugieren que los niños y los adultos con TDAH tienen importantes dificultades para reconocer y comprender la

información afectiva (Corbett, & Glidden, 2000; Norvilitis, Casey, Brooklier, & Bonello, 2000; Pelc, Kornreich, Foisy & Dan, 2006; Rapport, Friedman, Tzelepis, & Van Voorhis, 2002; Singh et al., 1998; Yuill & Lyon, 2007), mientras que otros (Guyer et al., 2007; Schwenck et al., 2013) no encuentran alteraciones en el reconocimiento facial emocional en niños y adolescentes con TDAH.

Singh et al. (1998) evaluaron la asociación entre el reconocimiento de las expresiones faciales de emociones básicas e historias con un contenido emocional expresadas verbalmente en niños de 5 a 13 años de edad, y encontraron dificultades para el establecimiento de dicha asociación en los niños con TDAH. Por su parte, Yuill y Lyon (2007) reportan resultados semejantes a los de Singh et al. (1998) pero además emplearon otras tareas para descartar dificultades en los procesos atencionales y de inhibición de la respuesta, encontrando que los problemas en el reconocimiento emocional persistían. En adultos con TDAH, Rapport, Friedman, Tzelepis y van Voorhis (2002) reportaron dificultades en el reconocimiento de expresiones faciales emocionales y una mayor intensidad en su respuesta emocional, aun cuando no mostraban problemas visoespaciales, ni de atención, ni en el reconocimiento de una cara en comparación con adultos sin TDAH.

De acuerdo a los autores, estos resultados no pueden ser atribuibles a los problemas cognitivos que se encuentran comúnmente en este trastorno.

Con relación a los subtipos de TDAH, Pelc, et al. (2006) refieren que el déficit en la decodificación de las expresiones faciales emocionales, en particular en la decodificación de expresiones de enojo y de tristeza, predomina en los niños con el subtipo hiperactivo-impulsivo. Además, señalan que estos niños no manifiestan tener conciencia de sus errores en el reconocimiento emocional y que sus dificultades para reconocer emociones se correlacionan con la presencia de problemas interpersonales.

La identificación de las dificultades emocionales se realiza con frecuencia a través del uso de estímulos fuera de contexto; la presentación de caras estáticas tiene baja validez ecológica, ya que en la interacción social cotidiana, las expresiones faciales cambian rápidamente (Schwenck et al., 2013), las caras no siempre son observadas de frente y además, la información emocional proviene también de movimientos corporales y de la expresión prosódica. Con relación al reconocimiento emocional tomando en consideración un contexto, Da Fonseca, Seguíer, Santos, Poinso, y Deruelle (2009) encontraron dificultades tanto en el

reconocimiento de las emociones faciales aisladas, como en fotografías de expresiones faciales dentro de un contexto social, en niños con TDAH. Sin embargo, estos resultados no pueden ser considerados como concluyentes ya que Schwenck et al. (2013) utilizando videos cortos con las expresiones faciales en movimiento, por medio de la técnica de "morphings", no encontraron diferencias entre los niños con TDAH y los controles, ni en el número de respuestas correctas, ni en el tiempo que tardaron en identificar las diferentes expresiones emocionales básicas.

Las dificultades para reconocer emociones se han observado incluso, en niños que si bien no se han diagnosticado con el TDAH, presentan un alto riesgo de padecerlo. Además, estas dificultades se asocian con niveles altos de problemas de conducta y pobres capacidades sociales (Kats-Gold, Besser & Priel, 2007).

Algunos autores han estudiado además del reconocimiento facial de emociones, las habilidades en el reconocimiento de la prosodia emocional. Corbette y Glydden (2000), por ejemplo, encontraron dificultades en el reconocimiento emocional tanto facial como prosódico en niños con TDAH. Aun cuando de acuerdo a los hallazgos de Shapiro, Hughes, August y Bloomquist (1993) al estudiar el

reconocimiento emocional facial y prosódico en niños de 6 a 11 años de edad, encontraron las dificultades en el reconocimiento son evidentes en niños pequeños, de 6 a 8 años de edad, y que el desarrollo tardío de las habilidades atencionales en los niños que padecen el trastorno hace que después de estas edades no sean evidentes estas dificultades.

En resumen, existen relativamente pocos trabajos interesados en determinar la capacidad para reconocer emociones en personas con TDAH; la información que se tiene hasta el momento no es concluyente, debido a que si bien, algunos estudios indican la presencia de limitaciones en el reconocimiento de las expresiones emocionales en personas con TDAH, otros no la encuentran. Como sabemos, el reconocimiento de la emoción incluye la habilidad para decodificar y discriminar expresiones de emociones faciales, gestuales y verbales, además de las dimensiones de intensidad y complejidad del contexto (Buitelaar, Wees, Swaab-Barneveld & Gaag, 1999). Hasta donde sabemos, no existen estudios que hayan evaluado en el mismo trabajo, el reconocimiento considerando tanto la modalidad facial, como la prosódica y la contextual.

Por lo anterior, el presente estudio fue diseñado con el fin de atender dos objetivos. El primero fue

identificar si los niños con TDAH presentan dificultades en el reconocimiento emocional considerando tres modalidades, las expresiones faciales, las prosódicas y las manifestadas dentro de un contexto social dinámico. En el caso de ser así, el segundo objetivo fue conocer si existe una asociación entre, las dificultades en el reconocimiento emocional por una parte y la presencia de problemas de conducta a nivel social por otra. Nosotros hipotetizamos que los niños con diagnóstico de TDAH presentarían dificultades para reconocer las expresiones emocionales, independientemente de la modalidad en que éstas fueran presentadas y que a mayores dificultades en el reconocimiento se observaría un mayor número de conductas relacionadas con problemas a nivel social.

Los hallazgos que se desprendan de este estudio podrían contribuir al entendimiento de las dificultades que presentan los niños con TDAH para el establecimiento y mantenimiento de las relaciones sociales con sus pares.

Método

Participantes

Participaron 30 niños varones diestros (Annett, 1967), 15 de ellos tenían diagnóstico clínico de Trastorno por Déficit de la Atención

con Hiperactividad (TDAH) de subtipo combinado y los 15 niños restantes sin antecedentes de problemas escolares o conductuales, fungieron como grupo control (CO) pareados por edad, grado escolar, tipo de escuela y nivel socioeconómico. Estos niños fueron evaluados también con el propósito de observar dificultades en las funciones ejecutivas (para mayores detalles de las características de los participantes ver Ramos-Loyo, Michel, Sánchez-Loyo, Matute, & González-Garrido, 2011).

La edad de los niños fue de 7 a 11 años (TDAH: $X = 9.54$ años, $DS = 1.48$ y CO: $X = 9.63$, $DS = 1.40$); con una escolaridad de 1° a 6° de primaria, existiendo congruencia entre la edad y el año escolar. Los integrantes del grupo con TDAH fueron reclutados de la consulta externa del área de Paidopsiquiatría del Instituto Jalisciense de Salud Mental (SALME) y de uno de los Hospitales Civiles de Guadalajara, México, donde fueron diagnosticados por un especialista (paidopsiquiatra o neuropediatra). Para corroborar el diagnóstico, los padres contestaron un cuestionario para determinar si los niños con TDAH cumplían con los criterios A, B, C y D del DSM-IV (Barrios-Amador, 2006).

Durante el periodo de evaluación, los niños tuvieron una abstinencia de un mínimo 24 horas de cualquier tipo de medicamento. No participaron en el

estudio los niños del grupo CO o del grupo con TDAH que tuvieran más de dos meses asistiendo a terapia psicológica previo al momento de la evaluación, tuvieran antecedentes de daño neurológico, presentaran problemas del lenguaje, de aprendizaje o retraso mental, ni antecedentes de alteraciones en su desarrollo físico.

Como índice del IQ se utilizaron las subescalas de Cubos y Vocabulario de la Escala de Inteligencia de Weschler para niños y adolescentes (WISC-IV, Wechsler, 2004). Al contrastar las puntuaciones obtenidas por cada grupo, no se observaron diferencias significativas.

Con el objeto de descartar la presencia de problemas de aprendizaje, se aplicaron además, las pruebas de lenguaje, cálculo y habilidades visoespaciales de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI, Matute, Rosselli, Ardila & Ostrosky, 2007). Aun cuando no hubo diferencias significativas entre ambos grupos, existió una tendencia del TDAH a puntuar por debajo del control.

El protocolo de investigación fue aprobado por el Comité de Ética del Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara, así como del Instituto Jalisciense de Salud Mental (SALME). Los aspectos éticos de este proyecto están basados en los lineamientos de la

Ley General de Salud del Gobierno Mexicano y de la Declaración de Helsinki. Los padres firmaron una carta de consentimiento informado para la participación de los niños en el estudio.

Material

Reconocimiento Emocional

- Reconocimiento de expresiones emocionales faciales

Se utilizaron los estímulos faciales emocionales de Ekman y Friesen (1975), los cuáles se presentaron en un monitor de 15 pulgadas a una distancia de 60 cm, mientras aparecían fotografías del rostro de 10 modelos (cinco hombres y cinco mujeres). Cada modelo representó seis emociones básicas (alegría, tristeza, enojo, miedo, sorpresa y asco) y una expresión emocionalmente neutra. Se presentaron un total de 56 estímulos, 8 de cada una de las 6 emociones básicas y 8 neutros. El tiempo de exposición máxima para cada estímulo fue de 2 segundos con un intervalo interestímulo de 2 segundos. Los participantes debían presionar una tecla y posteriormente, mencionar la expresión emocional que, a su juicio, representaba cada rostro presentado. Para ello, previamente se les mostró una lista con las posibles expresiones emocionales representadas en los rostros y se confirmó que podían reconocerlas adecuadamente.

Posteriormente, con el objeto de controlar las posibles dificultades en el procesamiento de la configuración de una cara, que pudiera afectar el reconocimiento emocional en los niños con TDAH, se utilizó una tarea de reconocimiento de la identidad. En ella se presentaron las mismas fotografías de rostros con diferentes expresiones emocionales, pero con una instrucción diferente, los niños tuvieron que identificar a una sola persona, independientemente de su expresión emocional facial. La fotografía de dicha persona, con una expresión emocionalmente neutra, se le mostró previamente al participante. En esta prueba se presentaron 58 estímulos, 16 de ellos fueron de la persona a identificar, los 42 restantes fueron fotografías de otras personas con diferentes expresiones emocionales. Se realizó un ensayo de prueba para verificar que el niño hubiera entendido las instrucciones y pudiera realizar la tarea. Se evaluaron el porcentaje de aciertos, omisiones y el tiempo de respuesta.

- Reconocimiento de expresiones emocionales prosódicas

Se presentaron de manera auditiva, 31 oraciones audio grabadas seleccionadas a partir de un estudio diseñado para probar la utilidad de los estímulos. Dichos estímulos poseen un contenido semántico emocionalmente neutro y fueron expresados por dos locutores experimentados (un hombre y una mujer), quiénes expresaron las

oraciones usando diferentes tonos afectivos (alegría, tristeza, enojo y miedo). Estas frases han sido utilizadas en otras investigaciones (Ibarrarán-Pernas, Cerdán, Guevara & Ramos-Loyo, 2003; Ramos-Loyo, Mora, Sánchez-Loyo & Medina, 2012). Los estímulos se presentaron de manera aleatoria y binauralmente a través de las bocinas de una computadora. Se solicitó a los participantes que reportaran el tipo de emoción identificada en la prosodia de las frases y para ello, se les proporcionó una lista de las cuatro posibles emociones. De las 31 frases presentadas, 7 de ellas tenían una prosodia emocional de alegría, 9 de enojo, 7 de miedo y 8 de tristeza.

- *Reconocimiento de expresiones emocionales en un contexto*

Se presentaron cuatro videos de escenas de cuatro diferentes películas, con una duración aproximada de 2 min. Todos fueron presentados en idioma español, sin música, con varios personajes entre los que se entablaba un diálogo y aparecían situaciones representativas de cada una de las cuatro emociones de alegría, tristeza, enojo y miedo. Éstas se reprodujeron y proyectaron a través de una computadora con un monitor de 17 pulgadas. Cada participante se sentó a un metro de distancia de la pantalla mientras observaba los estímulos, los cuales fueron presentados de forma aleatoria. Después, se le solicitó al niño que respondiera un cuestionario

en donde se determinó la capacidad para describir la escena de manera general e identificar las emociones expresadas por los personajes principales. Asimismo, el participante indicó el tipo de emoción que experimentó personalmente, al presenciar cada una de las escenas y lo que hubiera hecho en el lugar de los personajes.

Comportamiento y regulación emocional

Se utilizó el Listado de Comprobación de la Conducta Infantil (CBCL, Achenbach, 1991) para evaluar el comportamiento de los niños en relación con los trastornos emocionales, comportamentales y sociales. Este listado está diseñado para registrar en un formato estandarizado las capacidades y los problemas de los niños, según lo reportado por sus padres.

- *Capacidades*

Las capacidades se registran en 20 reactivos agrupados en tres escalas designadas como *Actividades, Social y Escolar*, con base a su contenido. Estas escalas obtienen la cantidad y calidad de la participación de los niños en deportes, pasatiempos, juegos, actividades, trabajos y tareas y amistades; si el niño se aleja y juega con otros, si trabaja solo, así como su funcionamiento en la escuela.

- *Comportamiento y regulación emocional*

Esta sección del CBCL está destinada a recabar información acerca de la identificación de síndromes. Consta de 118 reactivos que se califican con una escala de 3 niveles de respuesta (0 = nunca, 1 = algunas veces y 2 = frecuentemente o casi siempre) y dos reactivos abiertos. Los reactivos están relacionados con conductas problema agrupadas en ocho escalas: retraimiento, quejas somáticas, depresión/ansiedad, problemas sociales, problemas de pensamiento, problemas de atención, conducta delictiva y conducta agresiva. A su vez, las tres primeras son consideradas como conductas propias de internalización y las dos últimas, como de externalización. Este cuestionario arroja también una puntuación total derivada de la sumatoria de las puntuaciones otorgadas a cada reactivo.

Procedimiento

El estudio fue llevado a cabo en dos sesiones individuales. En la primera sesión, se aplicaron las pruebas y los cuestionarios necesarios para confirmar los criterios de inclusión, tanto del grupo CO como del grupo con TDAH. En la segunda sesión se aplicaron las tareas emocionales al niño y el CBCL a la madre.

Análisis Estadístico

Las diferencias en el desempeño en cada tarea entre el grupo con TDAH y el CO fueron evaluadas mediante la prueba U de Mann Whitney. Para evaluar las diferencias entre las

distintas emociones dentro de cada modalidad, considerando a todos los participantes como un solo grupo, se aplicó la prueba de Kruskal–Wallis. Finalmente, se realizó una correlación de Spearman entre los porcentajes de aciertos de las tareas emocionales y los puntajes del CBCL.

Resultados

Reconocimiento de expresiones emocionales faciales

No se observaron diferencias significativas entre los grupos TDAH y CO en el porcentaje de aciertos y omisiones, ni en el tiempo de respuesta en los aciertos en la tarea de reconocimiento de expresiones emocionales faciales, en ninguna de las emociones presentadas ni en el reconocimiento de la identidad. (Figura 1).

De manera adicional, se realizó una comparación en la ejecución entre las distintas emociones, considerando un solo grupo (TDAH + CO) debido a que no hubo diferencias entre los mismos. Los niños mostraron mayor porcentaje de aciertos ante el reconocimiento de la expresión facial de alegría en comparación con el reconocimiento de la expresión neutra y que en las expresiones emocionales de enojo, miedo, tristeza y asco (Tabla 1). Por otra parte, los niños mostraron menor porcentaje de aciertos en el reconocimiento del enojo en comparación con el reconocimiento de la identidad, la

expresión neutra y la sorpresa. De manera semejante, los niños mostraron mayor porcentaje de aciertos en el reconocimiento de la identidad y la sorpresa que de la tristeza. El asco y el miedo fueron las emociones más difíciles de reconocer con un menor porcentaje de aciertos en comparación con la identidad, la alegría, la sorpresa y la expresión neutra.

El porcentaje de omisiones también mostró diferencias al comparar el desempeño en el reconocimiento de las emociones, siendo menor para el reconocimiento de la identidad, la alegría, la sorpresa y el asco y mayor para el enojo, el miedo y la tristeza. De igual manera, se observaron diferencias en el tiempo de respuesta en el reconocimiento de las distintas emociones. Los niños respondieron más rápidamente ante el reconocimiento de la identidad y la alegría en comparación con la expresión neutra, el enojo, el miedo, la tristeza y el asco.

Reconocimiento de expresiones emocionales prosódicas

Como se observa en la Figura 2, no se encontraron diferencias significativas entre el grupo TDAH y el CO. Sin embargo, al igual que en el reconocimiento emocional facial, también en el reconocimiento emocional prosódico se observaron diferencias entre las emociones, siendo mayor el porcentaje de aciertos para el reconocimiento de la alegría y del enojo, que para el miedo

($W= 629.500$, $p<.001$ y $W= 599.50$, $p<.001$) y; en el reconocimiento de la tristeza que del miedo ($W= 711.50$, $p<.002$). Además, el porcentaje de omisiones fue menor para el reconocimiento de la alegría que para el miedo ($W= 690$, $p<.001$).

Reconocimiento en contexto

De la misma manera, tampoco se observaron diferencias significativas entre los grupos en las respuestas obtenidas a partir del cuestionario que fue administrado para evaluar el reconocimiento de las expresiones emocionales dentro de un contexto. En esta tarea, tampoco se observaron diferencias en el reconocimiento entre las diversas emociones (alegría, tristeza, miedo y enojo). Sin embargo, en los videos correspondientes a las emociones de alegría y miedo, mayor número de niños con TDAH refirieron haber experimentado la emoción congruente con el video en comparación con los controles (alegría 9 vs 3; miedo 8 vs 4, respectivamente). Además, en relación a la pregunta de “¿tú qué hubieras hecho en el caso de los personajes?” los niños del grupo TDAH refirieron conductas violentas como patear, matar, quemar a los gatos en el video de miedo (9 TDAH vs 2 CO), mientras que más niños controles indicaron que harían lo mismo que el personaje (7 CO vs 2 TDAH).

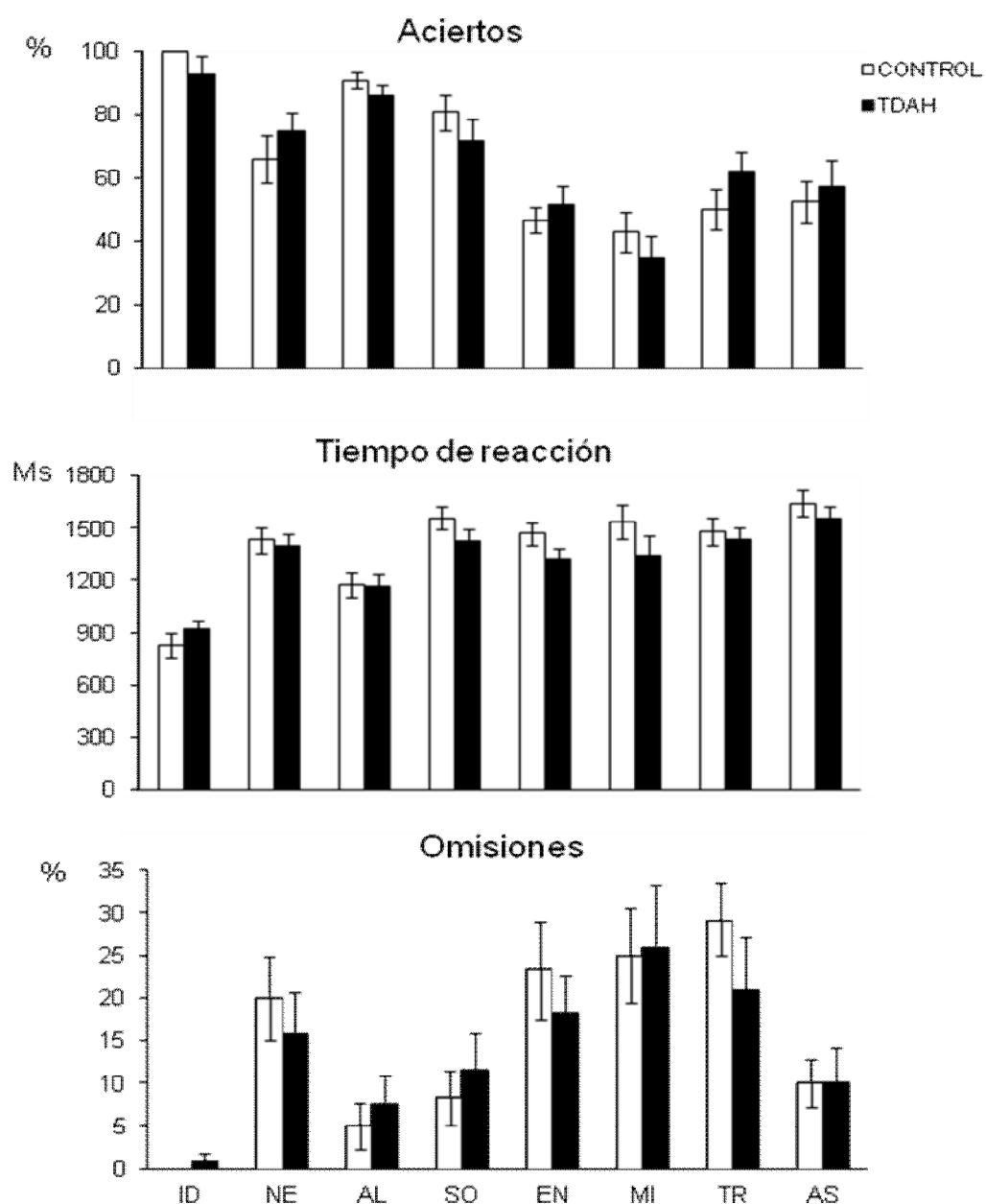


Figura 1. Media con dos errores estándar del porcentaje de aciertos y omisiones y el tiempo de reacción de las respuestas correctas, en la tarea de reconocimiento de identidad (ID) y expresiones faciales: neutra (NE), alegría (AL), sorpresa (SO), enojo (EN), miedo (MI), tristeza (TR) y asco (AS).

Tabla 1.

Valores estadísticos (Prueba de Wilcoxon, *W*) obtenidos de las diferencias en el reconocimiento de la identidad facial (ID), la expresión neutra (N) y las diferentes emociones: alegría (AL), sorpresa (SO), enojo (EN), miedo (MI), tristeza (TR) y asco (AS).

Aciertos

	NE		AL		SO		EN		MI		TR		AS	
	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>W</i>	<i>p</i>
ID	561.50	<.001	657.50	<.001	668.00	<.001	493.50	<.001	507.50	<.001	495.50	<.001	497.00	<.001
NE			700.50	<.001	836.00	=.234	683.50	<.001	601.50	<.001	762.00	=.022	754.00	=.016
AL					820.00	=.143	498.50	<.001	505.50	<.001	546.50	<.001	559.50	<.001
SO							652.00	<.001	588.00	<.001	706.50	=.002	698.50	<.001
EN									760.50	=.021	819.50	=.152	846.50	=.304
MI											709.00	=.002	727.00	=.005
TR													891.00	=.719

Omisiones

	NE		AL		SO		EN		MI		TR		AS	
	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>W</i>	<i>p</i>
ID	639.00	<.001	779.00	=.003	731.50	<.001	607.00	<.001	606.50	<.001	605.50	<.001	702.50	<.001
NE			742.50	=.006	803.00	=.078	874.00	=.532	845.50	=.290	832.50	=.210	809.00	=.097
AL					852.50	=.287	699.00	<.001	690.00	<.001	683.50	<.001	832.50	=.166
SO							761.00	=.016	744.50	=.008	727.50	=.004	902.00	=.833
EN									882.50	=.621	856.50	=.374	761.00	=.017
MI											897.50	=.791	745.50	=.009
TR													730.50	=.004

Tiempo de Reacción

	NE		AL		SO		EN		MI		TR		AS	
	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>W</i>	<i>p</i>
ID	533.00	<.001	637.00	<.001	503.00	<.001	516.00	<.001	553.00	<.001	511.00	<.001	488.00	<.001
NE			661.00	<.001	800.50	=.090	903.00	=.859	845.00	=.301	852.00	=.352	727.00	=.005
AL					632.00	<.001	651.00	<.001	699.00	<.001	634.00	<.001	583.00	=.166
SO							784.00	=.053	867.50	<.001	866.00	=.469	809.00	=.117
EN									841.00	=.021	830.50	=.212	680.50	<.001
MI											908.00	=.918	788.00	=.060
TR													759.00	=.021

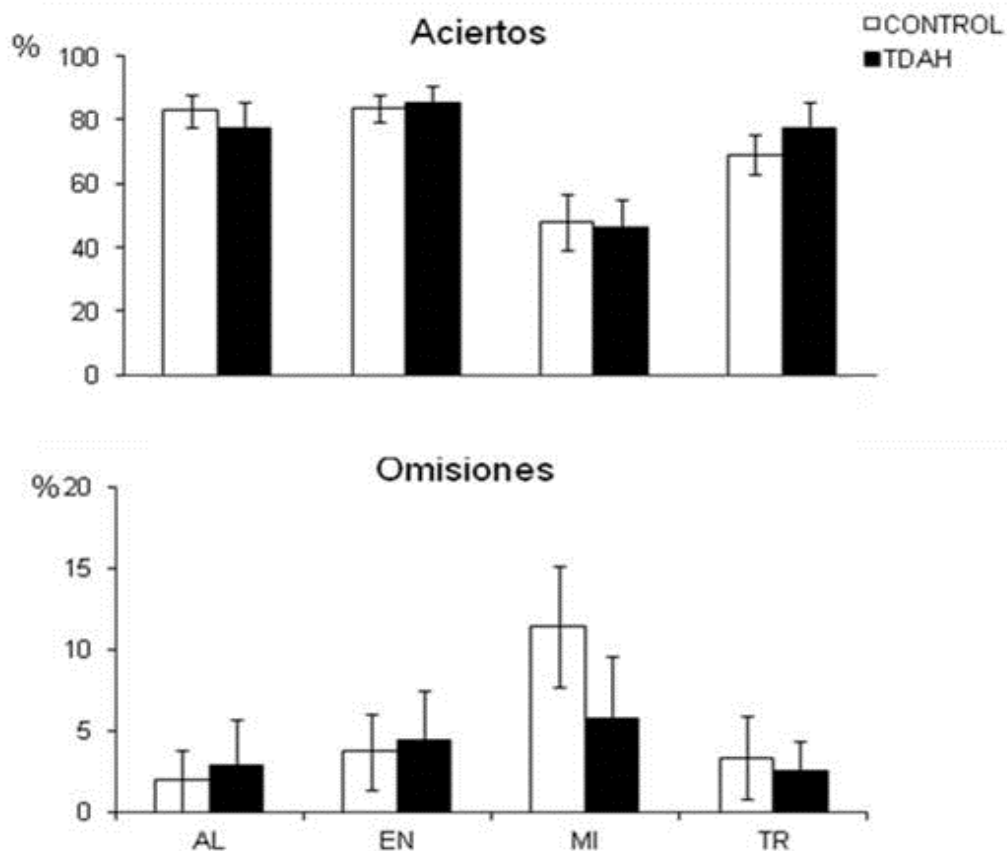


Figura 2. Media con dos errores estándar del porcentaje de aciertos y omisiones en la tarea de reconocimiento de expresiones emocionales prosódicas: alegría (AL), enojo (EN), miedo (MI) y tristeza (TR).

Problemas comportamentales y de regulación emocional

Capacidades

Las respuestas emitidas por los padres del grupo TDAH en comparación con las propias del grupo CO conllevaron a menores puntuaciones en el cuestionario correspondiente a competencias escolares del CBCL ($U= 37$, $p < 0.001$) y en el de actividades ($U= 55.50$, $p < 0.016$), así como en el total de competencias ($U= 42$, $p < 0.003$) (Figura 3). No se observaron sin embargo, diferencias significativas entre los dos grupos en los puntajes de las competencias sociales.

Problemas comportamentales y de regulación emocional

Las puntuaciones relacionadas con las respuestas emitidas por los padres del grupo TDAH resultaron más elevadas en comparación con las del grupo CO en las subescalas de Conducta Agresiva ($U= 44.50$, $p < 0.005$), Problemas Atencionales ($U=8$, $p < 0.001$), Problemas de Pensamiento ($U= 58$, $p < 0.02$) y Problemas Sociales ($U= 46$, $p < 0.005$) (Figura 3).

Si bien no se detectaron diferencias entre grupos en el área de Problemas Internalizantes, el grupo TDAH presentó significativamente más conductas relacionadas con Problemas Externalizantes ($U= 44.500$, $p < 0.005$) y más conductas problema que el grupo CO ($U= 36.50$, $p < 0.001$).

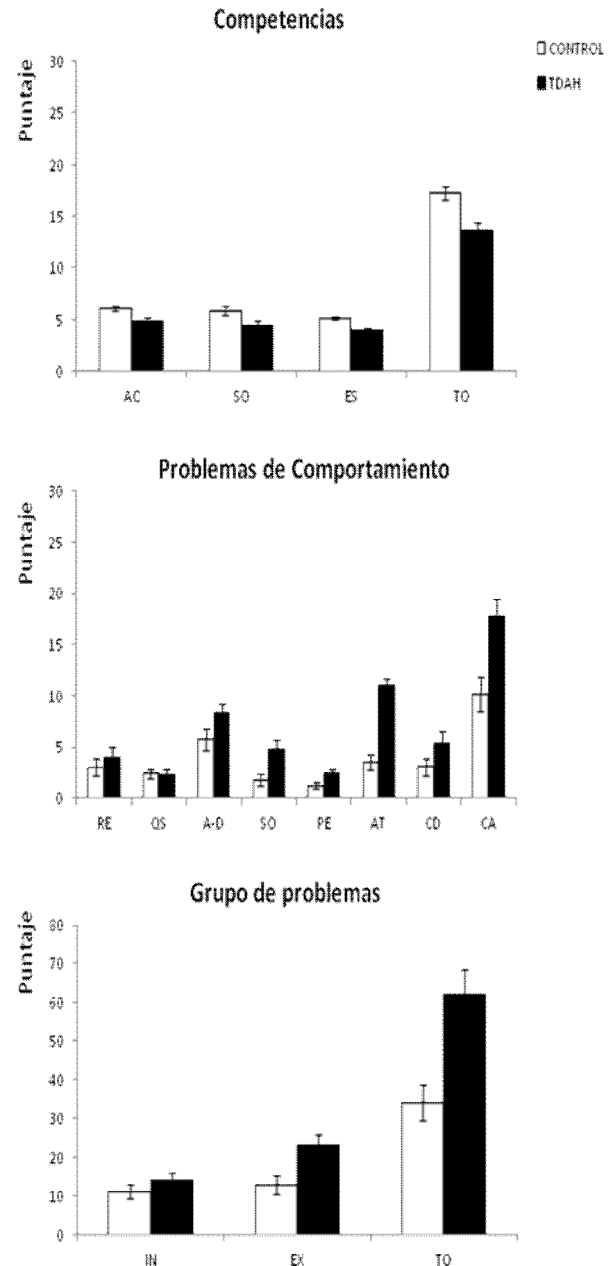


Figura 3. Media con dos errores estándar de los puntajes de cada aspecto de los Problemas Comportamentales y Sociales de manera individual: Retraimiento (RE); Quejas somáticas (QS); Ansiedad – Depresión (A-D); Socialización (SO); Pensamiento (PE); Atención (AT); Conducta delictiva (CD), Conducta agresiva (CA) y; agrupadas por categorías: Internalizantes (IN), Externalizantes (E) y totales (TO) * $p < 0.05$.

Análisis de correlación

No se encontraron correlaciones significativas entre la ejecución de las tareas de reconocimiento emocional en ninguna modalidad y los puntajes obtenidos en el CBCL.

Discusión

Con respecto al reconocimiento emocional, nuestros resultados indican que, al menos en el reconocimiento de las emociones básicas, el grupo TDAH presentó una ejecución similar a la del grupo CO en todas las modalidades abordadas: facial, prosódica y contextual.

La ausencia de diferencias entre los grupos en el reconocimiento facial de las expresiones emocionales concuerdan con los resultados de algunos estudios (Guyer et al., 2007; Schwenck et al., 2013). Además, Shapiro et al. (1993) encontraron que un bajo desempeño en tareas de reconocimiento emocional se observaba únicamente, en niños de 6 a 8 años y no así, en niños más grandes, lo cual atribuyen a una maduración más tardía en los procesos atencionales en los niños con TDAH, más que a un problema en el reconocimiento emocional per se.

Si bien, otros autores sí refieren un bajo desempeño en personas con TDAH en tareas de reconocimiento

facial de las emociones (Singh et al., 1998; Norvilitis, Casey, Brooklier & Bonello, 2000; Yuill & Lyon, 2007; Rapport et al., 2002; para revisiones ver Albert, López-Martín, Fernández-Jaén & Carretié, 2008 y Celestin-Westreich & Celestin, 2013). En algunos casos, no se utiliza una tarea control de atención (Singh et al., 1998) y en otros, la carga cognitiva y lingüística es diferente a la de los procedimientos utilizados con más frecuencia, como por ejemplo, en los trabajos de Rapport et al. (2002) y Singh et al. (1998) quienes pedían a los sujetos que parearan una expresión facial emocional con la descripción de una historia que involucraba una emoción,

Además, el hecho de que no existieran diferencias en el tiempo de respuesta entre los grupos estudiados, sugiere la ausencia de respuestas impulsivas en el grupo TDAH, o al menos un número similar de ellas que las cometidas por el grupo CO. Este hallazgo contraviene la propuesta de Yuill & Lyon (2007) en la que señalan que el reconocimiento de las emociones, al igual que otro tipo de tareas, se ve afectado por las dificultades que tienen los niños con TDAH en la autorregulación de sus respuestas y la falta de control inhibitorio propio de los niños con TDAH, lo que los lleva a presentar respuestas impulsivas.

Con relación a la prosodia emocional, tampoco pudimos observar

diferencias entre los grupos TDAH y CO. Si bien Cadesky, Mota y Schachar (2000) no reportan diferencias entre un grupo TDAH y los controles típicos en el reconocimiento de la prosodia emocional, Corbette y Glydden (2000) encuentran dificultades tanto a nivel de reconocimiento facial como prosódico en niños con TDAH a través de tareas muy semejantes a las nuestras. No obstante, en dicho estudio no se controló el sexo de los sujetos, y en el grupo control habían más mujeres y menos hombres (18 mujeres, 19 hombres) que en el grupo con TDAH (11 mujeres, 28 hombres); además, de no utilizar una tarea de reconocimiento de identidad como control de atención. Estas dos características en el diseño pudieran sesgar los resultados, ya que por una parte, existen evidencias de que las mujeres son más certeras para reconocer las emociones faciales y prosódicas que los hombres (Hampson, van Anders & Mullin, 2006; Kirouac & Doré, 2003) y por la otra, la falta de control atencional en el grupo TDAH pudiera llevar a una inadecuada interpretación de los resultados.

El reconocimiento emocional dentro de un contexto tampoco arrojó diferencias entre grupos al igual que lo reportado por Schwenck et al. (2013). Sin embargo, Da Fonseca et al. (2009) encontraron dificultades en el reconocimiento de las emociones faciales en niños con TDAH cuando

identifican la expresión emocional de una cara incluida en un contexto social. En realidad, no conocemos más estudios que exploren el reconocimiento emocional dentro de un contexto social dinámico en niños con TDAH. El explorar el reconocimiento emocional a través de escenas de películas nos permite acercarnos más a lo que sucede en la vida real. Es posible que no se hayan presentado problemas en la identificación emocional, debido a que en una película, como en la vida real, existen diferentes entradas de información: sensorial (visual y auditiva), expresión verbal y no verbal, todas ellas convergentes en el tiempo y en el espacio. Esta variedad en los canales de información pudiera compensar de cierta forma, las dificultades al proveer información redundante de la emoción expresada por los demás, en caso de existir dificultades en alguna modalidad particular.

La inconsistencia de los resultados de un estudio a otro, pudiera estar relacionada con la heterogeneidad de las muestras con las que se ha trabajado de un estudio al otro, así como con el tipo de tareas, como se mencionó previamente. En este estudio se controló la edad, y se incluyó niños sólo de 8 a 11 años de edad, rango de edad, previo a los efectos hormonales de la adolescencia; también se controló el sexo de los participantes, y se consideraron únicamente varones; el

subtipo (combinado); el indicador breve del CI y, se buscó que el grado escolar fuera semejante entre ambos grupos y además, correspondiente con la edad. Más aún, el diagnóstico fue realizado por especialistas y confirmado posteriormente y; los niños del grupo TDAH no se encontraban bajo el efecto de algún medicamento de los indicados para tratar este trastorno. En relación con la comorbilidad clínica, se controló que no tuvieran antecedentes de daño neurológico, presentaran problemas de lenguaje y, particularmente, se cuidó que no tuvieran trastornos de aprendizaje, debido a que se ha descrito que las personas con dichos trastornos muestran dificultades en el reconocimiento emocional, que se han atribuido a problemas en la organización visomotora, además de los problemas socio-emocionales (Wiig & Harris, 1974; Semrud-Clikeman & Hynd, 1990; Elias, 2004). De esta forma, el controlar todas estas variables podría haber contribuido a la ausencia de diferencias entre los grupos y que nuestros resultados parezcan de cierta manera en contraposición con los de la mayoría de las investigaciones antes revisadas sobre este mismo tema.

Por otra parte, encontramos que ambos grupos reconocieron la identidad de una persona casi en el 100% de los ensayos, lo cual refleja que no tuvieron problemas de

atención, ni al identificar la configuración de una cara, ni de memoria de trabajo, al menos con los parámetros utilizados en la tarea. En relación con el reconocimiento de las distintas emociones, encontramos que la emoción más fácil de reconocer fue la alegría y la sorpresa, seguidas de la tristeza y finalmente, las más difíciles de reconocer fueron el miedo y el enojo. Estos resultados son consistentes con lo descrito previamente (Guyer et al., 2007; Gross & Ballif, 1991; Mufson & Nowicky, 1991). En cambio, al reconocer las emociones a partir de una frase expresada verbalmente, tanto la alegría como el enojo fueron las más fáciles de reconocer, seguidas de la tristeza y nuevamente, el miedo fue la emoción más difícil de reconocer.

Dado el control de variables intervinientes, podemos considerar que nuestros datos sugieren que las dificultades emocionales que presentan los niños con TDAH no se relacionan con dificultades en el reconocimiento emocional facial, prosódico, o contextual, sino que son causadas por el escaso autocontrol con que se desenvuelven y su dificultad en la habilidad para expresar sus emociones, lo cual coincide con lo propuesto por Barkley (1997). De hecho, en los videos correspondientes a las emociones de alegría y miedo, se observó que un mayor número de niños con TDAH refirieron haber experimentado la

emoción congruente con el video en comparación con los controles. Esto hablaría de una mayor reactividad emocional e incluso, mayor nivel de empatía con los personajes en estos niños. Además, al responder a la pregunta de “¿tú qué hubieras hecho en el caso de los personajes?”, los niños con TDAH refirieron conductas violentas como patear, matar, quemar a los gatos al mirar el video de miedo, mientras que más niños controles, indicaron que harían lo mismo que los personajes, lo que implicaba un control emocional y planeación de la conducta con una meta específica, que era salvar a una niña del ataque de un grupo de gatos con actitud agresiva. Las respuestas emitidas por los niños del grupo TDAH refleja una conducta emocional poco reflexiva con tendencias agresivas ante un evento que les causa miedo, como ocurre en este caso.

Sabemos que los niños con TDAH frecuentemente, presentan dificultades para establecer o conservar relaciones sociales experimentando problemas de adaptación. En este sentido, nuestra segunda hipótesis apuntaba a que las dificultades en el reconocimiento de las emociones experimentadas por estos niños afectarían su interacción social y su adaptación a situaciones socioemocionales en su vida cotidiana. En este sentido, encontramos que a través del CBCL, los padres del grupo TDAH

reportaron observar en sus hijos, menores competencias de adaptación social, principalmente en las competencias escolares y en las de actividades, en comparación con los propios del grupo CO.

En cuanto a las escalas comportamentales de este mismo cuestionario los padres del grupo TDAH reportaron un mayor número de conductas frecuentes relacionadas con problemas atencionales. Estos resultados están en consonancia con lo propuesto por otros autores quienes proponen que los puntajes basados en el CBCL y el diagnóstico clínico guardan una correspondencia adecuada y que la subescala de atención, incluso puede utilizarse como una medida de escaneo rápido y útil para identificar a niños que pudieran cumplir los criterios clínicos del TDAH (Chen, Faraone, Biederman & Tsuang, 1994; Ostrander, Weinfurt, Yarnold & August, 1998). Incluso, se ha probado la estabilidad de este instrumento en un estudio longitudinal (Biederman, et al., 2001) y se ha planteado que puede mostrar características de heredabilidad (Althoff, Rettew, Faraone, Boomsma & Hudziak, 2006; Hudziak, Althoff, Derks, Faraone & Boomsma, 2005; McGough et al., 2008). Es importante considerar que el CBCL puede presentar un perfil distinto en cada niño que podría estar indicando distintas tendencias de susceptibilidad, por ejemplo, de ansiedad, depresión, agresión, etc.

(McGough, et al., 2008) que pueden ser de utilidad en el diagnóstico y tratamiento del TDAH.

Por otra parte, también se observaron diferencias significativas entre los grupos TDAH y CO en las categorías de Conducta Agresiva, Problemas de Pensamiento y Problemas Sociales. Los trastornos de conducta son un rasgo común del TDAH, particularmente en su aspecto externalizante, el cual muestra una continuidad a lo largo del desarrollo y puede desencadenar una trayectoria antisocial (Hinshaw, Lahey & Hart, 1993; Beauchaine et al., 2010); además, la conducta agresiva y delictiva se ha asociado de manera importante al desorden oposicionista desafiante que con frecuencia es una comorbilidad del TDAH (Bechaine et al., 2010). No obstante, otras de las comorbilidades del TDAH son los problemas de ansiedad/depresión (Bechaine et al., 2010); nuestro grupo TDAH no mostró puntuaciones elevadas en esta escala del CBCL en comparación con el grupo CO. Dada la variedad en la asociación del TDAH con otros Trastornos Psiquiátricos y la comorbilidad entre ellos, se requiere de una clasificación y consideración cuidadosa de las condiciones comórbidas a lo largo del desarrollo para poder comprender de manera más clara los desórdenes conductuales del TDAH (Hinshaw et al., 1993).

La revisión de la literatura nos lleva a considerar dos explicaciones sobre las dificultades en el control conductual que presentan los niños con TDAH. 1) Algunos autores proponen que las disfunciones ejecutivas, especialmente las vinculadas a los problemas en el control emocional y de impulsos, son las responsables de los altos niveles de agresividad, irritabilidad o frustración observados en algunos niños y adultos con TDAH (Albert et al., 2008, para revisión). 2) La disregulación emocional observada en los niños con TDAH puede ser explicada por problemas en la interacción de los procesos cognitivos y emocionales que afectaría el desempeño académico, así como la adaptación social de los individuos con TDAH. (Celestin-Westreich & Celestin, 2013).

Finalmente, no encontramos ninguna correlación significativa entre las observaciones de los padres sobre las características comportamentales de sus hijos y las tareas de reconocimiento emocional en sus distintas modalidades (facial, prosódica y en contexto). Esta falta de asociación sugiere que las dificultades en las capacidades sociales y en la regulación de la conducta observadas en los niños con TDAH de nuestro estudio no pueden ser atribuibles a deficiencias en el reconocimiento emocional. Aun cuando Pelc et al., (2006) refirieron una relación entre dificultades en el

reconocimiento emocional y los problemas interpersonales en niños con TDAH, es posible que dichos problemas se asocien, más que a deficiencias en el reconocimiento emocional, a la manera en la que los niños interpretan e integran esta información emocional así como a la expresión de sus propias emociones, lo que afecta su relación con otras personas. Esta explicación permite interpretar nuestro hallazgo de que los niños con TDAH manifiestan reacciones más agresivas y poco reflexivas en comparación con los niños típicos cuando se les cuestiona sobre lo que harían en el papel de los personajes de la película de miedo. De hecho, Yuill & Lyon (2007) señalan que aunque los niños con TDAH puedan reconocer las emociones, eso no significa que puedan comprender la manera en la que las emociones se relacionan con las situaciones.

Tres limitaciones detectamos en este trabajo. La primera de ellas está en el tamaño de la muestra, es deseable siempre una muestra mayor. En nuestro caso, la dificultad para conformar una muestra más grande estribó en el número de variables que controlamos para tener grupos más homogéneos y comparables. Sería deseable estudiar además, otros subtipos clínicos y grupos con distinto tipo de comorbilidades, para tener un panorama más ecológico de lo que es el TDAH. También sería relevante estudiar un grupo de niñas, debido a

las diferencias encontradas tanto en la expresión del TDAH, como en las habilidades de reconocimiento emocional en la literatura entre hombres y mujeres.

La segunda limitación, es el tipo de estímulos utilizados. Las caras de Ekman y Friesen, si bien han sido extensamente utilizadas en un gran número de estudios reportados en la literatura internacional, son poco ecológicas y atractivas, debido a que son fotografías en blanco y negro y de características raciales distintas a las de nuestro medio. Además, incluimos sólo las expresiones más básicas e incluir emociones más complejas como la culpa, la frustración o la nostalgia, permitiría tener un panorama más amplio del comportamiento de los niños con TDAH ante este tipo de estímulos.

La tercera, es la condición experimental ya que en un ambiente de laboratorio existe un control de los estímulos y un investigador está dedicado exclusivamente a guiar y observar al niño durante su ejecución y en el medio ambiente escolar y familiar, existe una gran cantidad de estímulos simultáneos que demandan su atención y el adulto tiene que atender a un grupo más o menos considerable de niños por lo que la situación del laboratorio se convierte en una situación artificial.

En conclusión, los niños con TDAH no mostraron dificultades en el

reconocimiento de las expresiones emocionales en sus modalidades facial, prosódica o en un contexto social dinámico. En cambio, estos niños sí presentaron mayores problemas de comportamiento y de regulación social que sus pares típicos, sin que existiera una relación con la capacidad para reconocer emociones.

La comprensión de las expresiones emocionales de las personas con las que convivimos ayuda a comprender sus intenciones y estados emocionales y así, responder en consecuencia de una manera socialmente adaptativa. Por ello, la evaluación neuropsicológica de la capacidad para reconocer emociones considerando las distintas modalidades sensoriales de manera independiente y, por medio de un contexto social dinámico en los niños con TDAH, sería de gran importancia clínica, ya que junto con la evaluación de otros procesos cognitivos, coadyuvaría a un mejor manejo terapéutico individual que facilitara la adaptación social de estos niños.

Referencias

Achenbach, T. M. (1991). *Manual for the Child Behavior Checklist/4-18 and 1991 Profile*. Burlington, Vermont: University of Vermont Department of Psychiatry, USA.

Adolphs, R. (2002). Neural systems for recognizing emotion. *Current Opinion in Neurobiology*, 12, 169-177.

Albert, J., López-Martín, S., Fernández-Jaén, A., & Carretié, L. (2008). Alteraciones emocionales en el trastorno por déficit de atención/hiperactividad: datos existentes y cuestiones abiertas. *Revista de Neurología*, 47(1), 39-45.

Althoff, R. R., Rettew, D. C., Faraone, S. V., Boomsma, D. I., & Hudziak, J. J. (2006). Latent class analysis shows strong heritability of the child behavior checklist-juvenile bipolar phenotype. *Biological Psychiatry*, 60(9), 903-911.

American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, DSM-V*. American Psychiatric Pub., Washington, D.C.

Annett, M. (1967). The binomial distribution of rights mixed and left-handedness. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61, 303-321.

Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121, 65-94.

Barrios-Amador, O. (2006). El trastorno por déficit de atención con hiperactividad en niños de primero a sexto grado de escuelas primarias

públicas de la ciudad de Guadalajara.
Tesis. Universidad de Guadalajara.

Beauchaine, T. P., Hinshaw, S. P., & Pang, K. L. (2010). Comorbidity of attention-deficit/hyperactivity disorder and early-onset conduct disorder: biological, environmental, and developmental mechanisms. *Clinical Psychology Science and Practice*, 17, 327-336.

Biederman, J., Monuteaux, M. C., Greene, R. W., Braaten, E., Doyle, A. E., & Faraone, S. V. (2001). Long-term stability of the Child Behavior Checklist in a clinical sample of youth with attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Clinical Child Psychology*, 30(4), 492-502.

Brown, T. E. (2002). *DSM-IV: ADHD and executive function impairments*. 155th Annual meeting of the American Psychiatric Association, 2, 25.

Buitelaar, J. K., Wees, M., Swaab-Barneveld, H., & Gaag, R. J. (1999). Verbal memory and performance IQ predict theory of mind and emotion recognition ability in children with autistic spectrum disorders and psychiatric control children. *Journal of Child Psychology Psychiatry*, 40(6), 869-881.

Cadesky, E. B., Mota, V. L., & Schachar, R. J. (2000). Beyond words: how do children with ADHD and/or conduct problems process nonverbal information about affect?

Journal of the American Academy of Child & Adolescents Psychiatry, 39(9), 1160-1167.

Celestin-Westreich, S., & Celestin, L. P. (2013). ADHD children's emotion regulation in FACE© – perspective (facilitating adjustment of cognition and emotion): Theory, Research and practice. Capítulo 12. En Banerjee, S. (Ed.), *Attention Deficit Hyperactivity Disorder in Children and Adolescents*, ISBN: 978-953-51-1086-6, InTech, DOI: 10.5772/54422.

Clark, C. Prior, M., & Kinsella, G. (2002). The relationship between executive function abilities, adaptive behaviour, and academic achievement in children with externalizing behaviour problems. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 43(6), 785-796.

Chen, W. J., Faraone, S. V., Biederman, J., & Tsuang, M. T. (1994). Diagnostic accuracy of the child behavior checklist scales for attention-deficit hyperactivity disorder: a receiver-operating characteristic analysis. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 62(5), 1017-1025.

Corbett, B., & Glidden, H. (2000). Processing affective stimuli in children with attention-deficit hyperactivity disorder. *Child Neuropsychology*, 6(2), 144-155.

- Da Fonseca, D., Seguíer, V., Santos, A., Poinso, F., & Deruelle, C. (2009). Emotion understanding in children with ADHD. *Child Psychiatry and Human Development*, 40(1), 101-121.
- Dodge, K., & Newman, J. P. (1981). Biased decision making processes in aggressive boys. *Journal of Abnormal Psychology*, 90, 375-379.
- Dodge, K. A. (1991). Emotion and social information processing. *The development of emotion regulation and dysregulation*, New York: Cambridge University Press, 159-181.
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1975). *Unmasking the face. A guide to recognizing emotions from facial clues*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Elias, M. J., (2004). The connection between social-emotional learning and learning disabilities: implications for intervention. *Learning Disability Quarterly*, 27(1), 53-63.
- Gentschel, A. D., & McLaughlin, T. F. (2000). Attention Deficit Hyperactivity Disorder as social disability: characteristics and suggested methods of treatment. *Journal Developmental Physical Disabilities*, 12(4), 333-347.
- Guyer, A. E., McClure, E. B., Adler, A. D., Brotman, M. A., Rich, B. A., Kimes, A. S., et al. (2007). Specificity of facial expression labeling deficits in childhood psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 48(9), 863-871.
- Greene, R. W., Biederman, J., Faraone, S. V., Sienna, M., & García-Jetton, J. (1997). Adolescent outcome of boys with attention-deficit/hyperactivity disorder and social disability: results from a 4 year longitudinal follow-up study. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 65(5), 758-767.
- Gross, A. L., & Ballif, B. (1991). Children's understanding of emotion from facial expressions and situations: A review. *Developmental Review*, 11(4): 368-398.
- Hampson, E., van Anders, S. M. & Mullin, L. I. (2006). A female advantage in the recognition of emotional facial expressions: test of an evolutionary hypothesis. *Evolution and Human Behavior*, 27, 401-416.
- Henker, B., & Whalen, C. K. (1989). Hyperactivity and attention deficits. *American Psychologist*, 44(2), 216.
- Hinshaw, S. P., Lahey, B. B., & Hart, E. L. (1993). Issues of taxonomy and comorbidity in the development of conduct disorder. *Development and Psychopathology*, 5(1-2), 31-49.
- Hudziak, J. J., Althoff, R. R., Derks, E. M., Faraone, S. V., & Boomsma, D. I. (2005). Prevalence and genetic architecture of Child Behavior

Checklist-juvenile bipolar disorder. *Biological Psychiatry*, 58(7), 562-568.

Ibarrarán-Pernas, G. Y., Cerdán, L. F., Guevara, M. A., & Ramos-Loyo, J. (2003). Efectos de la olanzapina sobre el reconocimiento emocional en esquizofrénicos refractarios al tratamiento. *Actas Españolas de Psiquiatría*, 31(5), 256-262.

Kats-Gold, I., Besser, A., & Priel, B. (2007). The role of simple emotion recognition skills among school aged boys at risk of ADHD. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 35(3), 363-378.

Kirouac, G., & Doré, F. Y. (1983). Accuracy and latency of judgment of facial expressions of emotions. *Perceptual and Motor Skills*, 57(3), 683-686.

Matute, E., Rosselli, M., Ardila, A., & Ostrosky, F. (2007). *Evaluación Neuropsicológica Infantil*. México: Manual Moderno.

McKown, C., Gumbiner, L. M., Russo, N. M., & Lipton, M. (2009). Social-emotional learning skill, self-regulation, and social competence in typically developing and clinic-referred children. *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology*, 38, 858-871.

McGough, J. J., Loo, S. K., McCracken, J. T., Dang, J., Clark, S., Nelson, et al. (2008). CBCL

pediatric bipolar disorder profile and ADHD: comorbidity and quantitative trait loci analysis. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 47(10), 1151-1157.

Mostow, A. J., Izard, C. E., Fine, S., & Trentacosta, C. J. (2002). Modeling emotional, cognitive, and behavioral predictors of peer acceptance. *Child Development*, 73(6), 1775-1787.

Mufson, L., & Nowicki, S. Jr. (1991). Factors affecting the accuracy of facial affect recognition. *The journal of social psychology*, 131(6): 815-822

Norvilitis, J. M., Casey, R. J., Brooklier, K. M., & Bonello, P. J. (2000). Emotion appraisal in children with attention-deficit/hyperactivity disorder and their parents. *Journal of Attention Disorders*, 4(1), 15-26.

Ostrander, R., Weinfurt, K. P., Yarnold, P. R., & August, G. J. (1998). Diagnosing attention deficit disorders with the Behavioral Assessment System for Children and the Child Behavior Checklist: test and construct validity analyses using optimal discriminant classification trees. *Journal of Consulting Clinical Psychology*. 66(4), 660-672.

Pelc, K., Kornreich, C., Foisy, M. L., & Dan, B. (2006). Recognition of emotional facial expressions in attention-deficit hyperactivity disorder. *Pediatric Neurology*, 35(2), 93-97.

- Pelham, W. E., & Bender, M. E. (1982). Peer relationships in hyperactive children: description and treatment. *Advances in Learning Behavioral Disabilities*, 1, 365-436.
- Ramos-Loyo, J., Mora L., Sánchez L., & Medina V. (2012). Sex differences in facial, prosodic and social context emotional recognition in early onset schizophrenia. *Schizophrenia Research and Treatment, special issue Psychosis and Gender*, 584725.
- Ramos-Loyo, J., Michel, A., Sánchez-Loyo, Matute, E., & González-Garrido, A., (2011). Relación entre el funcionamiento ejecutivo en pruebas neurológicas y en el contexto social en niños con TDAH. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 11(1), 1- 16.
- Rapport, L. J., Friedman, S. R., Tzelepis, A., & van Voorhis, A. (2002). Experienced emotion and affect recognition in adult attention-deficit hyperactivity disorder. *Neuropsychology*, 16(1), 102-110.
- Semrud-Clikeman, M., & Hynd, G. W. (1990). Right hemispheric dysfunction in nonverbal learning disabilities: social, academic, and adaptive functioning in adults and children. *Psychological Bulletin*, 107(2), 196-209.
- Shapiro, E. G., Hughes, S. J., August, G. J., & Bloomquist, M. L. (1993). Processing of emotional information in children with attention-deficit hyperactivity disorder. *Developmental Neuropsychology*, 9(3-4), 207-224.
- Singh, S. D., Ellis, C. R., Winton, A. S., Singh, N. N., Leung, J. P., & Oswald, D. P. (1998). Recognition of facial expressions of emotion by children with attention-deficit hiperactivity disorder. *Behavior Modification*, 22(2), 128-142.
- Schwenck, C., Sneider, T., Schreckenbach, J., Zenglein, Y., Gensthaler, A., Taurines, R., et al. (2013). Emotion recognition in children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *ADHD Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, 5(3), 295-302.
- Wechsler, D. (2004). *WISC-IV. Escala de inteligencia Wechsler para niños*. San Antonio, TX: Harcourt Assessment Inc.
- Wiig, E. H., & Harris, S. P. (1974). Perception and interpretation of nonverbally expressed emotions by adolescents with learning disabilities. *Perceptual and Motor Skills*, 38(1), 239-245.
- Yuill, N., & Lyon, J. (2007). Selective difficulty in recognizing facial expressions of emotion in boys with ADHD. General performance impairments or specific problems in social cognition? *European Child and Adolescent Psychiatry*, 16(6), 398-404.

Relación entre la velocidad de denominación, el procesamiento auditivo de orden temporal y la adquisición de la lectura.

Fabiola R. Gómez-Velázquez

Instituto de Neurociencias, CUCBA,
Universidad de Guadalajara, México.

Andrés A. González-Garrido

Instituto de Neurociencias, CUCBA,
Universidad de Guadalajara, México.
O.P.D. Hospital Civil de Guadalajara,
México.

Esmeralda Matute Villaseñor

Instituto de Neurociencias, CUCBA,
Universidad de Guadalajara, México.

Julieta Ramos Loyo

Instituto de Neurociencias, CUCBA,
Universidad de Guadalajara, México.

Correspondencia: Dra. Fabiola R. Gómez Velázquez. Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Francisco de Quevedo 180, Col. Arcos Vallarta, Guadalajara, Jal. MEXICO. CP 44130. Teléfono/Fax: (+ 52)33 3818 0740

Correo electrónico:

fabiolargomez@gmail.com

Resumen

Introducción: La velocidad de denominación está estrechamente relacionada con la velocidad de la lectura y constituye un importante predictor del desempeño lector. Por otra parte, el déficit para recordar el orden en el que se presenta una secuencia de sonidos (juicio de orden temporal), se ha asociado con trastornos lectores, en particular cuando involucra el procesamiento de estímulos verbales. El presente estudio establece la relación entre la denominación, el procesamiento auditivo y la lectura. **Metodología:** Se compararon 2 grupos de 15 niños de 10 años de edad [denominadores lentos (DL) versus denominadores promedio (DP)], durante la ejecución de una tarea de procesamiento auditivo temporal, donde los participantes debían comparar secuencias de estímulos auditivos de diferente altura o duración de 3 tipos de estímulos (tono puro, trompeta y vocal) con representaciones visuales de esas secuencias. Además se

evaluó la velocidad, eficiencia y comprensión lectora. **Resultados:** se encontró una disminución significativa en la velocidad y comprensión lectoras, con mayor número de errores en los DL, quienes además fueron más lentos para emitir los juicios de orden temporal de altura para la trompeta y el tono puro. El análisis de las correlaciones mostró que la menor velocidad de denominación se relacionó con mayor lentitud para reconocer patrones de altura y duración. No se encontraron diferencias en la velocidad o eficiencia en la discriminación simple de tonos de diferente altura o duración. **Conclusiones:** Los Denominadores Lentos fueron más lentos que sus pares para la comparación de secuencias auditivas con su representación visual, lo que podría reflejar dificultades en el procesamiento cross-modal que implica el aprendizaje y automatización de una asociación entre estímulos auditivos y visuales, que podrían subyacer a la menor automatización en la velocidad lectora y de denominación de símbolos.

Palabras clave: velocidad de denominación, procesamiento auditivo, lectura, juicio de orden temporal, dislexia.

Relationship between naming speed, temporal order auditory processing and reading acquisition

Abstract

Introduction: It has been reported that naming and reading speed are closely related. Moreover, naming speed has been proved to be an important predictor of reading performance. In this regard, deficits in the ability to remember the temporal order of a sequence of sounds (temporal order judgment) have been associated with reading disorders, particularly when it involves the processing of verbal stimuli.

Methodology: 2 groups of 15 children of mean age 10 years [slow naming (DL) versus average naming (DP)] were compared while performing a temporal order judgment task, where participants had to distinguish between successively appearing series of three auditory stimuli with different frequency (tone-height) or duration (temporal length) presented in a counterbalanced order. Each trial was formed by 1 of 3 types of stimuli (pure tone, trumpet and vocal). In addition, reading speed and efficiency, along with reading comprehension were also evaluated.

Results: DL showed significant decrease in reading speed and reading comprehension, with significantly higher amount of errors, along with prolonged judgments of temporal order for trumpet and pure tones. The correlation analysis showed a positive correlation between reading speed and the performance of tone-height trials,

while CL correlated with the performance of trials including tone-height trumpet and pure-tone with different durations. **Conclusions:** Results are interpreted as reflecting neurodevelopmental differences between the groups, particularly on cross-modal processing which may disturb reading automatization and thus affecting both reading speed and symbols-naming.

Keywords: rapid automatized naming, auditory processing, reading, temporal order judgment, dyslexia.

Introducción

El desarrollo de la habilidad lectora es un proceso complejo en el que intervienen un sinnúmero de factores genéticos y ambientales. El objetivo final del proceso de enseñanza-aprendizaje es que el lector logre una lectura con una cadencia temporal tal que le permita sostener la información en memoria, el tiempo suficiente para enlazar coordinadamente las ideas expresadas en el texto, comprenderlas y poder evocar su sentido posteriormente. Se ha postulado la existencia de diversos prerequisites relacionados con la lectura. Por ejemplo, dado que la velocidad en la que se produce la lectura es un aspecto crucial de la misma (LaBerge & Samuels, 1974), se ha reportado que la lentitud para nombrar estímulos visuales familiares

constituye un factor subyacente en los trastornos lectores (Gómez-Velázquez, González-Garrido, Zarabozo & Amano, 2010). De hecho, existe evidencia empírica de que la velocidad de denominación está íntimamente vinculada con la adquisición de la lectura (Bowers & Wolf, 1993; Loveall, Channell, Phillips & Conners, 2013), aunque algunos autores consideran que dicha contribución es indirecta, a través de su relación con las habilidades de procesamiento fonológico (Wagner, Torgesen & Rashotte, 1994; Lee, Yim & Sim, 2012).

La creciente atención sobre los déficits relacionados con el tiempo y la fluidez en el aprendizaje de la lectura, parece ser el resultado de la convergencia de tres factores: a) el papel de los procesos fonológicos en los trastornos lectores y su intervención, donde el déficit en el procesamiento fonológico *per se* ha resultado insuficiente para explicar la heterogeneidad y complejidad de las dificultades lectoras, especialmente en el área de la fluidez; b) los resultados de diversos estudios sobre el desarrollo de la fluidez lectora que reportan que niños con problemas de lectura exhiben importantes déficits en diversas áreas perceptuales y motoras asociadas con la velocidad (Wolf, Bowers & Biddle, 2000); y c) los hallazgos provenientes de estudios sobre la velocidad de denominación (RAN: denominación rápida automatizada), que parecen

conferir a esta variable un valor predictivo de las dificultades lectoras (Denckla & Rudel, 1979), así como los provenientes de estudios que evidencian distintos subtipos de la dislexia del desarrollo (Lovett, Steinbach & Frijters, 2000).

En este sentido, se ha señalado que los trastornos en la lectura podrían estar relacionados con la presencia de dificultades en el procesamiento de las señales auditivas temporales (Tallal & Piercy, 1973, 1974, 1975; Halliday & Bishop, 2006; Steinbrink, Zimmer, Lachmann, Dirichs & Kammer, 2013). Sin embargo, el modelo propuesto para el procesamiento temporal auditivo ha resultado controvertido ya que algunos sostienen que los disléxicos no exhiben un déficit en el procesamiento general (Mody, Studdert-Kennedy & Brady, 1997). Es por ello que debe distinguirse si la velocidad de denominación involucra, además de la lentitud para nombrar estímulos visuales familiares, un déficit en el procesamiento auditivo de estímulos del lenguaje, o si se debe a un problema en el procesamiento temporal más general que podría abarcar la sincronización de secuencias de tiempo de estímulos no lingüísticos.

El *procesamiento temporal* es un término amplio que usualmente se emplea para definir la percepción de bajo nivel y el procesamiento de información acerca de las

características temporales de los estímulos sensoriales en cualquier modalidad, como sería el orden de una secuencia, la detección del tiempo transcurrido entre 2 estímulos, o la duración de los estímulos o del movimiento (Grondin, 2010).

Existen pocos trabajos que aborden el problema del procesamiento temporal desde la perspectiva lingüística y la principal fuente de información proviene de estudios en lengua inglesa (Ver por ejemplo, Tallal, 1980). Hasta el momento, son insuficientes los datos en nuestro idioma sobre cómo es el procesamiento de orden temporal en niños que inician la enseñanza formal de la lectura y sobre todo, cuál es la relación que este procesamiento tiene con la Velocidad de Denominación, considerando a ésta como una variable de tipo lingüístico ligada al tiempo.

Si analizamos los aspectos comunes de la velocidad de denominación y el procesamiento auditivo de orden temporal, observaremos que ambas son variables que dependen de procesos de sincronización, secuenciación y rapidez; que ambas involucran un procesamiento de tipo cross-modal (modalidades auditiva y visual), y que las dos han demostrado estar relacionadas con el proceso de adquisición de la lectura. Sin embargo, se desconoce la relación intrínseca que guardan estas variables entre sí, y hasta donde

conocemos, tampoco se han realizado estudios que las comparen directamente. Es más, aunque no se han determinado con precisión las relaciones entre la velocidad de denominación y la lectura, algunos asumen que esto se debe a que tanto la denominación como la lectura involucran un procesamiento serial (como sucede en el procesamiento auditivo de orden temporal), así como en la producción oral de los nombres de los estímulos (Georgiou, Parrila, Cui & Papadopoulos, 2013).

De hecho, desde la década de los sesentas, varios autores estudiaron la relación entre lectura y procesamiento de orden temporal a través del análisis de la habilidad de los niños para parear series de estímulos visuales o auditivos de orden temporal (Beaton, 2004) y encontraron que los malos lectores tenían más dificultad para parear un patrón visual de puntos con un patrón auditivo de golpeteos (Birch & Belmont, 1964). Estos hallazgos fueron interpretados por los autores como si los malos lectores tuvieran dificultad para realizar una transferencia transmodal (de auditivo a visual) o bien en el manejo temporal de los estímulos. Esta línea de investigación, en la que analiza si los malos lectores tienen mayor dificultad para realizar transferencia intermodal o bien para el manejo de orden temporal de los estímulos ha continuado y el debate continúa abierto de si la dificultad de los malos

lectores o de los disléxicos se desprende de un déficit más general en la organización serial que afecta tanto las modalidades sensoriales como el tipo de estímulos (Corkin, 1974).

Por todo lo mencionado con anterioridad, decidimos estudiar la posible relación entre la velocidad para la denominación de símbolos (letras y números), el procesamiento de secuencias auditivas, evaluadas a través de la prueba TOT (Test de Orden Temporal), y tres variables más características de la lectura: velocidad, precisión definida ésta por el número de errores cometidos al leer en voz alta y comprensión) en un grupo de escolares típicos. Nosotros hipotetizamos que los denominadores lentos de símbolos (letras y números) serían a su vez malos lectores considerando las tres variables analizadas y tendrían menor éxito para realizar las tareas de orden temporal en comparación con un grupo de denominadores promedio.

Metodología

Participantes

Treinta niños diestros, de 3º de primaria, de nivel socio-económico medio o medio-alto, que para un estudio previo, cuando cursaban 1º de primaria, 15 de ellos fueron clasificados como Denominadores Promedio (DP) con tiempos de

denominación ± 1 desviación estándar en las cuatro tareas de denominación: dibujos, letras, números y colores y, 15 como Denominadores Lentos (DL) con tiempo de denominación ≥ 1.5 desviación estándar en las tareas de letras y números de la Batería de Denominación Rápida modificada (Gómez-Velázquez et al., 2010). En el momento de la presente investigación todos los participantes asistían a una escuela privada, monolingüe. Los grupos fueron pareados por edad (9 o 10 años) y género (8 varones en cada grupo). Todos los participantes sin reporte de antecedentes de trastornos neurológicos, neuropsicológicos, psiquiátricos o algún impedimento sensorial. Tampoco habían recibido entrenamiento musical formal y, todos obtuvieron una puntuación normalizada ≥ 8 puntos en las subescalas de Vocabulario y Diseño con Cubos del WISC-IV (Wechsler, 2007). Todos ellos presentaron resultados normales en estudios de impedancia y audiometría.

Material

El test de orden temporal (TOT) (Université de Montréal, 2005) es una prueba de aplicación individual y monoaural que está diseñada para evaluar la percepción temporal de estímulos acústicos. El participante debe relacionar secuencias de estímulos auditivos con secuencias de estímulos visuales con el fin de evaluar el reconocimiento de los

patrones secuenciales de altura y duración para estímulos verbales (vocal /a/) y no verbales (tono puro y trompeta) usando un modo de respuesta táctil vía pantalla (*"touch-screen"*). La prueba consiste en la presentación de una secuencia de estímulos auditivos que el participante debe parear con la correspondiente visual eligiéndola entre 4 posibles respuestas, tocando con su dedo índice la opción seleccionada en una pantalla táctil (Figura 1). Incluyen dos modalidades: selección de patrones de altura y de patrones de duración. Para la primera, se presentaron secuencias de 3 estímulos de 200 ms de duración cada uno, con un intervalo interestímulo (IIE) de 300 ms. Las secuencias estuvieron constituidas por sonidos con tonos bajos (880 Hz) y tonos altos (1,122 Hz) en 3 series (vocal, trompeta y tono puro) de 10 estímulos cada una. *La prueba de patrones de duración* incluye combinaciones de secuencias de tres estímulos de 1000 Hz con un IIE de 300 ms sean cortos (250 ms) o largos (500 ms), con 3 series (vocal, trompeta y tono puro) de 10 estímulos cada una. Fase de entrenamiento: Antes de iniciar la aplicación formal de la prueba se realizó un entrenamiento en los diferentes tipos de prueba para lo cual se daba al participante retroalimentación verbal y visual de sus respuestas cada vez que se exponía al participante a nuevas condiciones, tanto para los dos tipos de patrones (altura y

duración), como para los tres tipos de estímulos (vocal, trompeta y tono puro). Posterior al entrenamiento y antes de realizar cada prueba experimental, se presentaban a los niños, entre 3 y 5 secuencias de práctica. Si el participante identificaba correctamente las 3 primeras

secuencias, pasaba directamente a las pruebas experimentales. Al fallar en 1 de ellas, se le daban otras dos oportunidades para alcanzar el mínimo de éxito requerido (3 secuencias correctas de 5) para realizar la prueba.

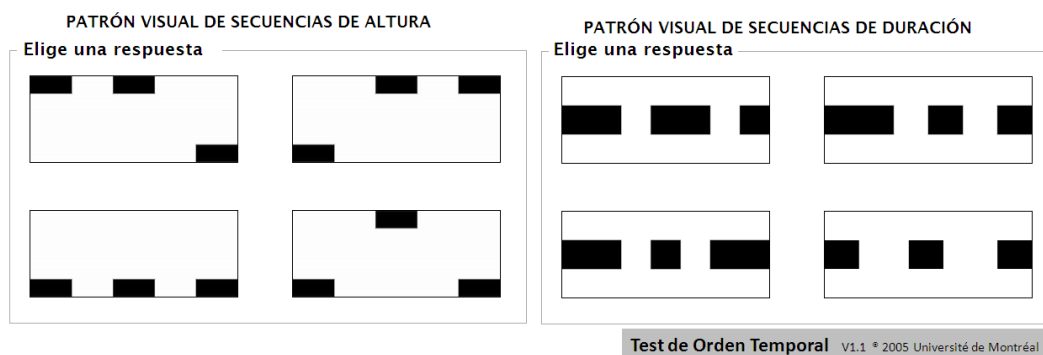


Figura 1. Representación de los cuatro patrones de altura o duración que los niños debían comparar con las secuencias auditivas para elegir la que representara lo que habían escuchado. Por ejemplo el recuadro superior izquierdo representa una secuencia de tonos ALTO-ALTO-BAJO.

Fase experimental: se aplicaron 6 pruebas (2 patrones x 3 tipos de estímulos), cada una con 10 series de estímulos. Se contrabalanceó tanto el orden de presentación de cada tipo de patrón y estímulo, como el oído en que se presentaron los mismos. Se utilizó un audiómetro para la presentación de los estímulos auditivos para asegurar tanto la fidelidad del sonido como la atenuación de los sonidos externos.

Prueba de discriminación de tonos de diferente altura y duración. Con la intención de comprobar que los participantes en la investigación no

tenían problemas para discriminar los estímulos auditivos del TOT, se incluyeron dos pruebas tipo *odd-ball* de discriminación auditiva simple de altura y duración, en los que se emplearon las mismas características de los estímulos empleados en el Test de Orden Temporal. *Discriminación de Altura:* se presentaron 100 tonos puros de 200 ms de duración; de ellos, 30 estímulos de 880 Hz (infrecuente) y 70 de 1122 Hz (frecuente), con un IIE de 1000 ms. *Discriminación de Duración:* se presentaron 100 tonos puros de 1000 Hz, 30 estímulos de 500 ms de duración (infrecuente) y 70

de 250 ms de duración (frecuente), con un IIE de 1000 ms.

Estos estímulos fueron presentados binauralmente a través de audífonos con una magnitud de 60 dB NHL (umbral auditivo individual determinado previamente a través del audiómetro). Los participantes debían presionar una tecla, lo más rápido posible, ante la presencia del estímulo *infrecuente* en ambas pruebas, previo entrenamiento.

Prueba de lectura en voz alta

Para la evaluación de lectura se utilizó la tarea de lectura en voz alta de un texto de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI, Matute, Roselli, Ardilla y Ostrosky, 2007). Se analizaron la velocidad, la comprensión y el número de errores de precisión.

Análisis estadístico

Se contrastaron las medias obtenidas por los dos grupos DP vs DL en las tareas. Lo anterior se realizó a través del estadístico t de Student para grupos independientes para analizar las variables asociadas con las tareas de denominación rápida y las de lectura. La contrastación de las variables del TOT se realizó a través de la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, dado que durante la ejecución de las pruebas de comparación de secuencias auditivas (TOT), algunos participantes de ambos grupos no pudieron cubrir el criterio mínimo para realizar las

pruebas, por lo que el número de sujetos que completaron cada una de ellas fue diferente. Posteriormente se realizó un análisis de correlaciones de Pearson para buscar asociaciones entre las variables de lectura y las de denominación rápida así como para las segundas y las seleccionadas para el análisis de ejecución del TOT. Todo lo anterior se realizó a través del programa estadístico SPSS.

Resultados

Ejecución en tareas de Denominación Rápida y Lectura.

Con relación al desempeño en la tarea de denominación, se encontraron tiempos de denominación de letras y números significativamente mayores en el grupo DL en comparación con el grupo DP. En la denominación de dibujos y colores no se encontraron diferencias significativas entre los grupos.

Con relación a la tarea de lectura, los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos para las tres variables: palabras leídas por minuto, cantidad de errores y comprensión. El grupo DL presentó un rendimiento lector más bajo que los DP en las 3 mediadas y, la mayor diferencia entre los grupos se encontró en la velocidad lectora (Tabla 1).

Tabla 1.

Media, (desviación estándar) y comparación entre grupos en las tareas de denominación y variables de lectura.

	Denominadores promedio	Denominadores lentos	t	p
Denominación de Dibujos	0:59 (0:15)	1:02 (0:11)	-0.515	0.610
Denominación de Letras	0:21 (0:03)	0:29 (0:05)	-4.444	0.000
Denominación de Números	0:22 (0:03)	0:28 (0:06)	-3.252	0.003
Denominación de Colores	0:43 (0:09)	0:47 (0:11)	-1.436	0.091
Palabras leídas por minuto	146 (24.6)	90 (26.9)	5.904	0.000
Errores en la lectura	0.9 (0.8)	2.9 (2.4)	-3.064	0.005
Comprensión de la lectura	7.8 (0.6)	6.2 (1.8)	3.253	0.003

Correlación de la velocidad de denominación y la lectura

El análisis de correlación entre las variables de denominación y las de lectura mostró que la velocidad lectora está relacionada negativamente con la velocidad de denominación de letras ($r = -0.586$, $p < 0.01$) y números ($r = -0.661$, $p < 0.01$), de modo que a mayores tiempos de denominación de símbolos, los niños leían un menor número de palabras por minuto. En la cantidad de palabras modificadas al leer el texto sólo la denominación de números mostró una correlación significativa con este aspecto ($r = 0.543$, $p < 0.01$). La comprensión lectora no correlacionó con la velocidad de denominación.

Comparación de secuencias auditivas de diferente altura y duración.

Con relación a la detección de secuencias auditivas de diferente altura, se encontró una diferencia entre grupos en las secuencias de estímulos de trompeta y de tonos puros en donde el grupo DL empleaba más tiempo para resolver las pruebas. Respecto al número de respuestas correctas, no hubo diferencias significativas entre los grupos (Ver Tabla 2).

En la detección de secuencias de estímulos de diferente duración se apreció una tendencia en el grupo DL a presentar mayores tiempos de ejecución pero sin alcanzar significación estadística. El grupo DL sin embargo, mostró un número de respuestas correctas significativamente menor que el grupo DP en la comparación de secuencias de estímulos de trompeta (Tabla 2).

Tabla 2.

Media, (desviación estándar) y comparación entre grupos en las tareas de secuencias auditivas de altura y duración

		Altura		
	Tipo Estímulo	Denominadores promedio	Denominadores lentos	p(U)
Vocal	Respuestas Correctas	6.8 (2.6)	5.8 (2.3)	.291
	Tiempo de Ejecución	4639 (1293)	5150 (1641)	.443
	n	12	12	
Trompeta	Respuestas Correctas	7.7 (1.7)	8.2 (1.7)	.538
	Tiempo de Ejecución	3906 (945)	5303 (953)	.002
	n	13	12	
Tono Puro	Respuestas Correctas	8.5 (1.4)	7.1 (2.1)	.076
	Tiempo de Ejecución	4316 (1369)	5300 (953)	.048
	n	13	14	
		Duración		
Vocal	Respuestas Correctas	7.8 (1.9)	6.5 (1.9)	.076
	Tiempo de Ejecución	3839 (1114)	5277 (2485)	.085
	n	14	12	
Trompeta	Respuestas Correctas	7.7 (2.0)	5.4 (1.6)	.008
	Tiempo de Ejecución	4053 (1489)	5130 (1437)	.118
	n	12	14	
Tono Puro	Respuestas Correctas	6.6 (2.4)	6.1 (2.3)	.501
	Tiempo de Ejecución	3953 (1423)	5703 (2636)	.085
	n	14	11	

Los tiempos de ejecución se presentan en milisegundos

Correlación entre la Velocidad de Denominación y la Prueba TOT

El análisis de correlación mostró que de los patrones de altura, las respuestas correctas del estímulo vocal y el tiempo de ejecución del estímulo de trompeta correlacionaron con la denominación de letras; de igual forma, la denominación de números mostró una fuerte

correlación positiva con los tiempos de ejecución de la comparación de trompeta y tonos puros. De manera que los niños más lentos para la denominación de símbolos tendieron a ser más lentos en la comparación de los patrones (Tabla 3).

Las correlaciones de los patrones de duración fueron entre la

denominación de números con el tiempo de ejecución del estímulo de trompeta y, la denominación de

colores correlacionó con las respuestas correctas de este mismo tipo de estímulo (Tabla 3).

Tabla 3.

Correlación de las variables de Velocidad de Denominación con las propias de las secuencias auditivas del TOT.

Patrones de Diferente Altura					
		Dibujos	Letras	Números	Colores
Vocal	Respuestas Correctas	-.025	-.550*	-.194	-.170
	Tiempo de Ejecución	.398	.338	.355	.262
Trompeta	Respuestas Correctas	-.148	-.101	.349	.082
	Tiempo de Ejecución	.267	.680*	.716*	.399
Tono Puro	Respuestas Correctas	-.019	-.320	-.298	-.373
	Tiempo de Ejecución	.406	.405	.670*	.221
Patrones de Diferente Duración					
Vocal	Respuestas Correctas	.101	-.304	-.300	-.243
	Tiempo de Ejecución	.259	.247	.471	.254
Trompeta	Respuestas Correctas	-.314	-.320	-.348	-.502*
	Tiempo de Ejecución	.485	.398	.557*	.430
Tono Puro	Respuestas Correctas	-.135	-.190	-.330	-.262
	Tiempo de Ejecución	.314	.090	.254	.063

* $p < 0.01$, $n=30$

Exclusión de la velocidad general de procesamiento como factor

Con el fin de conocer si las diferencias en la ejecución entre los grupos en las tareas de comparación de secuencias auditivas podría asociarse tanto a dificultades para discriminar las diferencias de altura y duración entre los estímulos de cada secuencia, como a limitaciones más generales en la velocidad de procesamiento, que harían que la velocidad de los Denominadores Lentos fuera baja para denominar

símbolos, para leer textos conectados, así como para ejecutar las diferentes pruebas del TOT, se decidió incluir en la investigación una tarea de discriminación auditiva simple de tonos de diferente altura y duración, usando tonos puros con las mismas diferencias en altura y duración que los estímulos empleados en el TOT. Esta prueba se diseñó usando un paradigma clásico *odd-ball*, en la que los participantes al escuchar estímulos de diferente altura debían presionar

una tecla solo ante la presencia del tono más bajo; en el caso de los tonos de diferente duración debían responder solo ante la presencia del tono más corto. Los estímulos que debían ser detectados por los niños se presentaban de manera infrecuente en una relación de 30/70.

En la discriminación simple de estímulos auditivos de diferente altura y duración, el grupo DL obtuvo resultados similares que el DP tanto en tiempos de ejecución como en

cantidad de respuestas correctas mostró una habilidad similar que el grupo DP para detectar las diferencias de altura y de duración entre los estímulos que se emplearon en el TOT y. Esto corrobora que los DP no tienen limitaciones en la velocidad para emitir respuestas motoras ante la detección de un estímulo auditivo simple, ni para discriminar diferencias de altura o de duración entre los estímulo usados para las secuencias auditivas del TOT (Tabla 4).

Tabla 4.
Discriminación auditiva simple de diferencias en altura y duración.

Discriminación de Altura			
	Denominadores promedio	Denominadores lentos	p(W)
Respuestas correctas	27.7 (3.6)	27.9 (2.1)	1.000
Respuestas incorrectas	2.7 (2.1)	3.0 (2.7)	0.944
No respuestas	2.3 (3.6)	2.1 (2.1)	1.000
Tiempo de reacción	454.7 (63.5)	465.9 (49.1)	0.200
Discriminación de Duración			
Respuestas correctas	25.9 (2.7)	25.6 (3.2)	0.725
Respuestas incorrectas	7.7 (5.2)	9.8 (7.1)	0.495
No respuestas	4.1 (2.7)	4.4 (3.2)	0.725
Tiempo de reacción	616.7 (57.5)	610.3 (37.9)	0.200

Se presenta la media y entre paréntesis la desviación estándar.

De la misma manera que con las demás pruebas se realizó un análisis de correlaciones y no se encontró relación significativa entre la velocidad de denominación y las pruebas de discriminación simple de diferencias en altura o duración.

Discusión

El objetivo central del presente estudio fue determinar si existe una relación entre la velocidad de denominación, particularmente de símbolos (letras y números) con el

procesamiento auditivo de orden temporal y el desempeño lector. Con el fin de determinar si la mayor lentitud en el desempeño no se desprendía de una lentitud más generalizada en el procesamiento de estímulos visuales o auditivos, se comparó la ejecución entre grupos de DP vs DL en una tarea de discriminación simple de estímulos auditivos de diferente altura y duración, el grupo DL obtuvo resultados similares a los del DP tanto en tiempos de ejecución como en cantidad de respuestas correctas y mostró con ello una habilidad similar que el grupo DP para detectar las diferencias de altura y de duración entre los estímulos que se emplearon en el TOT y. Esto corrobora que los DP no tienen limitaciones en la velocidad para emitir respuestas motoras ante la detección de un estímulo auditivo simple, ni para discriminar diferencias de altura o de duración entre los estímulo usados para las secuencias auditivas del TOT.

Los grupos estudiados mostraron diferencias significativas entre sí respecto a la lectura. En general, el grupo de niños denominadores lentos leyó más lentamente, con un mayor número de errores de lectura y menor comprensión que los denominadores promedio, lo cual no es sorprendente si consideramos que el factor velocidad de denominación, criterio base para diferenciar los 2 grupos como se había planteado, constituye

un importante predictor del desarrollo lector en el idioma español (Gómez-Velázquez et al., 2010).

En la actualidad se distinguen dos variables principales con un significativo poder predictor para el rendimiento lector: la conciencia fonológica y la velocidad de denominación. Las dificultades en las habilidades fonológicas fueron consideradas por muchos años como el déficit central de la dislexia, donde la conciencia fonológica, es decir, el conocimiento de la estructura de los sonidos que componen las palabras y la habilidad para manipularlos, resulta un componente clave en el desarrollo de la habilidad para leer. En el idioma español existen varios trabajos que establecen una relación entre la conciencia fonológica y el aprendizaje de la lectura (Jiménez & Artiles, 1990; Jiménez & Ortiz, 2000; Márquez & de la Osa, 2003; Matute et al., 2012), reportando algunos autores que el conocimiento de las letras y la conciencia fonológica son los mejores predictores de la lectura en primer grado (Bravo, Villalón & Orellana, 2006).

Sin embargo, también se ha señalado que los niños con dislexia frecuentemente son identificados solo considerando las medidas de eficiencia lectora a nivel de palabras, por lo que los niños eficientes pero lentos, se excluyen frecuentemente de las investigaciones e intervenciones clínicas (Lovett, 1987;

Wolf et al., 2002). Esto podría haber contribuido a enfocar los estudios de la dislexia en los aspectos fonológicos del proceso lector, minimizando otros como la naturaleza de la rapidez, la eficiencia y la comprensión de la lectura de textos conectados.

En los sujetos disléxicos de ortografías transparentes las dificultades fonológicas son menos pronunciadas que en el inglés (lengua de la que provienen la mayor parte de los estudios sobre este tópico), pero la velocidad para la decodificación representa un rasgo sobresaliente (Wimmer, 1993). De hecho, Serrano y Defior (2008) mostraron que un déficit en la automatización subyace a la lenta ejecución de los niños disléxicos al realizar tareas de conciencia fonológica, por lo que sugieren que en las evaluaciones de la dislexia, al menos en el idioma español, las medidas del tiempo son más sensibles que las de eficiencia.

Considerando lo anterior, un punto importante en nuestro trabajo consistió en distinguir si las diferencias observadas en la velocidad de denominación entre los grupos, obedecen o no a una limitación en la velocidad de procesamiento general. Los resultados rechazan esta posible explicación, ya que la emisión de la respuesta motora ante la detección simple de un estímulo auditivo fue

prácticamente equivalente en los dos grupos.

Consideramos que existen características comunes entre la denominación de símbolos (letras y números) y la tarea de comparación que se realiza en el Test de Orden Temporal, ya que en la denominación de símbolos, el niño aprende a asociar un sonido con una representación visual que es la letra, posteriormente reconoce una secuencia de sonidos que corresponde con una secuencia de letras (palabra impresa); en la comparación de patrones de diferente altura o duración del TOT, el niño aprende a asociar un tono alto con un cuadrado ubicado en parte superior o un sonido largo con una barra más larga, para posteriormente reconocer secuencias de sonidos con una representación visual de esa secuencia.

Se esperaba que de acuerdo a los estudios sobre procesamiento auditivo de orden temporal, los niños denominadores lentos de nuestra investigación quienes además presentan dificultades lectoras en comparación con sus pares, presentaran menor eficiencia en la ejecución del TOT, con problemas para reconocer el orden de los estímulos y por ende presentaran más errores. Sin embargo, nuestros resultados muestran que los Denominadores Lentos presentan mayores problemas en los tiempos de ejecución, mostrando que pueden

reconocer el orden en que se presentan los tonos, pero lo hacen de manera significativamente más lenta que los Denominadores Promedio. Esto parece compatible con la lentitud de los Denominadores Lentos tanto para la denominación de las letras o los números como para la lectura de palabras completas, pueden reconocer las letras o las palabras pero lo hacen sustancialmente más lento.

La hipótesis más aceptada acerca de la contribución del procesamiento temporal a la lectura trata sobre la relación intrínseca entre este tipo de procesamiento y las habilidades fonológicas que requiere el desarrollo lector (Tallal, 2004). En este sentido, se postula que el procesamiento temporal constituye la base de la segmentación de las señales lingüísticas, lo que ayudaría en el proceso de establecer representaciones fonológicas estables de la estructura de las palabras (Tallal, Miller, Jenkins & Merzenich, 1997).

De manera general, los Denominadores Lentos tendieron a ser más lentos prácticamente en todas las pruebas del TOT y sólo fueron menos eficientes en una de ellas, realizando juicios de orden temporal acerca de sonidos con características diferentes (altura y duración), o incluso de distinta naturaleza (trompeta y tonos puros). Esto parece sugerir que la lenta

denominación de estos niños podría estar reflejando un déficit particular en la manipulación cross-modal de la información, y/o en la asignación de sus representaciones visuales, lo que concordaría con la noción de que los denominadores lentos tienen dificultades para establecer y/o estabilizar las representaciones simbólicas en memoria. Esto dificultaría además la automatización de la recuperación de estas representaciones, con una lógica repercusión en otras áreas que involucran procesos similares como podría ser la adquisición de un adecuado conocimiento ortográfico. El resultado de algunos trabajos recientes parecen sustentar esta hipótesis (González-Garrido, Gómez-Velázquez & Rodríguez-Santillán, 2013; Gómez-Velázquez, González-Garrido & Vega-Gutiérrez, 2013).

Una explicación alternativa podría ser que el déficit radica en un problema para relocalizar la atención, ya que en niños disléxicos se ha reportado una afectación del juicio de orden temporal en condiciones de baja carga atencional (Pérez, García, Lage, Leh & Valdés-Sosa, 2008), pero esta hipótesis parece distante si consideramos que la tarea resultó tan compleja para los niños que algunos no lograron terminarla, incluso entre aquellos clasificados como Denominadores Promedio.

Nuestros resultados concuerdan además con la noción de que los

niños con problemas en el aprendizaje de la lectura pueden también exhibir problemas en el procesamiento auditivo temporal, como se ha reportado incluso en sistemas con escritura de tipo logográfico (Meng, Sai, Wang, Wang, Sha & Zhou, 2005).

La presente investigación representa una primera aproximación a la relación entre la lenta velocidad de denominación con el procesamiento auditivo de orden temporal, señalando la importancia del procesamiento cross-modal y su rápida automatización en el aprendizaje de un proceso tan complejo como la lectura. El estudio del procesamiento auditivo de orden temporal en grupos más grandes de niños con diferentes dificultades como el procesamiento fonológico o la presencia de un doble déficit (problemas en la velocidad de denominación más problemas fonológicos) podría ampliar nuestro conocimiento sobre las dificultades subyacentes a los trastornos en el aprendizaje de la lectura del español.

Referencias

Beaton, A. A. (2004). *Dyslexia, reading and the brain*. New York, USA, Psychology Press.

Birch, H. G., & Belmont, L. (1964). Auditory-visual integration in normal and retarded readers. *American*

Journal of Orthopsychiatric, 34, 852-861.

Bowers, P. G., & Wolf, M (1993), Theoretical links among naming speed, precise timing mechanisms and orthographic skill in dyslexia. *Reading and Writing: An interdisciplinary Journal*, 5, 69-85.

Bravo, L., Villalón, M., & Orellana, E. (2006). Diferencias en la predictividad de la lectura entre primer año y cuarto año básicos. *Psykhé*, 15, 3-11.

Corkin, S. (1974). Serial-ordering deficits in inferior readers. *Neuropsychologia*. 12, 347-354.

Denckla, M. B., & Rudel, R. G. (1979). Naming of objects by dyslexic and other learning-disabled children. *Brain and Language* 3, 1-15.

Georgiou, G. K., Parrila, R., Cui, Y., & Papadopoulos, T. C. (2013). Why is rapid automatized naming related to reading? *Journal of Experimental Child Psychology*, 115, 218-25.

Gómez-Velázquez, F. R., González-Garrido, A. A., & Vega-Gutiérrez, O. L. (2013). Naming abilities and orthographic recognition during childhood. An event-related brain potentials study. *International Journal of Psychological Studies*, 5(1), 55-68.

Gómez-Velázquez, F. R., González-Garrido, A. A., Zarabozo, D., & Amano, M. (2010). La velocidad de

denominación de letras. El mejor predictor del desarrollo lector en español. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 15(46), 823-847.

González-Garrido, A. A., Gómez-Velázquez, F. R., & Rodríguez-Santillán, E. (2013). Orthographic recognition in late adolescents: An assessment through event-related brain potentials. *Clinical EEG and Neuroscience*. doi: 10.1177/1550059413489975

Grondin, S. (2010). Timing and time perception: A review of recent behavioral and neuroscience findings and theoretical directions. *Attention, Perception & Psychophysics*, 72, 561–582.

Halliday, L. F., & Bishop, D. V. (2006). Is poor frequency modulation detection linked to literacy problems? A comparison of specific reading disability and mild to moderate sensorineural hearing loss. *Brain & Language*, 97, 200-13.

Jiménez González, J. E., & Artiles, C. (1990). Factores predictivos del éxito en el aprendizaje de la lectoescritura. *Infancia y Aprendizaje*, 49, 21-36.

Jiménez González, J. E., & Ortiz González, M. R. (2000). Metalinguistic awareness and reading acquisition in Spanish language. *Spanish Journal of Psychology*, 3, 37-46.

LaBerge, D., & Samuels, S. J. (1974). Toward a theory of automatic information processing in reading. *Cognitive Psychology*, 6, 293–323.

Lee, Y., Yim, D., & Sim, H. (2012). Phonological processing skills and its relevance to receptive vocabulary development in children with early cochlear implantation. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 76, 1755-60.

Loveall, S. J., Channell, M. M., Phillips, B. A., & Conners, F. A. (2013). Phonological recoding, rapid automatized naming, and orthographic knowledge. *Journal of Experimental Child Psychology*, 116, 738-46.

Lovett, M. (1987). A developmental approach to reading disability: Accuracy and speed criteria of normal and deficient reading skill. *Child Development*, 58, 234–260.

Lovett, M., Steinbach, K. A. & Frijters, J. C. (2000). Remediating the core deficits of developmental reading disability: A double-deficit perspective. *Journal of Learning Disabilities*. 33(4), 334-358.

Márquez, J., & de la Osa, P. (2003). Evaluación de la conciencia fonológica en el inicio lector. *Anuario de Psicología*, 34, 357-370.

Matute, E., Montiel, T., Pinto, N., Rosselli, M., Ardila, A., & Zarabozo, D. (2012). Comparing cognitive performance in illiterate and literate children. *International Review of Education*, 58, 109–127

Matute, E., Rosselli, M., Ardila, A., & Ostrosky, F. (2007). Evaluación Neuropsicológica Infantil: ENI. Manual Moderno. México.

Meng, X., Sai, X., Wang, C., Wang, J., Sha, S., & Zhou, X. (2005). Auditory and speech processing and reading development in Chinese school children: behavioural and ERP evidence. *Dyslexia*, 11, 292-310.

Mody, M., Studdert-Kennedy, M., & Brady, S. (1997). Speech perception deficits in poor readers: auditory processing or phonological coding? *Journal of Experimental Child Psychology*, 64, 199-231.

Pérez, A., García, L., Lage, A., Leh, S. E., & Valdés-Sosa, M. (2008). Right impairment of temporal order judgements in dyslexic children. *Laterality*, 13, 545-60.

Serrano, F., & Defior, S. (2008). Dyslexia speed problems in a transparent orthography. *Annals of Dyslexia*, 58, 81-95.

Steinbrink, C., Zimmer, K., Lachmann, T., Dirichs, M., & Kammer, T. (2013). Development of Rapid Temporal Processing and Its

Impact on Literacy Skills in Primary School Children. *Child Development*. En prensa.

Tallal, P. (1980). Auditory temporal perception, phonics and reading disabilities in children. *Brain and Language*, 9, 182-198.

Tallal, P. (2004). Improving language and literacy is a matter of time. *Nature Reviews Neuroscience*, 5, 721–728.

Tallal, P., Miller, S., Jenkins, B., & Merzenich, M. (1997). The role of temporal processing in developmental language-based learning disorders: Research and clinical implications. En B. Blackman (Ed.), *Foundations of reading acquisition* (pp. 49–66). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Tallal, P., & Piercy, M. (1973). Developmental aphasia: impaired rate of non-verbal processing as a function of sensory modality. *Neuropsychologia*, 11, 389-398.

Tallal, P., & Piercy, M. (1974). Developmental aphasia: rate of auditory processing and selective impairment of consonant perception. *Neuropsychologia*, 12, 83-93.

Tallal, P., & Piercy, M. (1975). Developmental aphasia: the perception of brief vowels and extended stop consonants. *Neuropsychologia*, 13, 69-74.

Test d'Ordre Temporel (2005). v 1.1.
Université de Montréal.

Wagner, R. K., Torgesen, J. K., y Rahotte, C. A. (1994). The development of reading-related phonological processing abilities: New evidence of bidirectional causality from a latent variable longitudinal study. *Developmental Psychology*, 30, 73-87.

Wechsler, David. *Escala Wechsler de Inteligencia para Niños-IV*. Traducido por Gloria Padilla Sierra. México: Manual Moderno, 2007.

Wimmer, H. (1993). Characteristics of developmental dyslexia in a regular writing system. *Applied psycholinguistics*, 14, 1-33.

Wolf, M., Bowers, P. & Biddle, K. (2000). Naming-speed processes, timing, and reading: A conceptual review. *Journal of Learning Disabilities*. 33, 387-407.

Wolf, M., Goldberg, A. O., Gidney, C., Lovett, M., Cirino, P., & Morris, R. (2002). The second deficit: An investigation of the independence of phonological and naming-speed deficits in developmental dyslexia. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 15, 43–72.