



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE PSICOLOGÍA



# FUNCIONES EJECUTIVAS: SU EVOLUCIÓN DURANTE LA EDAD PREESCOLAR

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADA EN PSICOLOGÍA

PRESENTA:

GERALDINE RODRÍGUEZ NIETO

DIRECTORA DE TESIS: DRA. FEGGY OSTROSKY-SHEJET.

REVISORA: LIC. MAURA JAZMÍN RAMÍREZ FLORES.

SINODALES: LIC. AZUCENA LOZANO GUTIÉRREZ.

MTRA. GABRIELA OROZCO CALDERÓN.

DRA. ALICIA ELVIRA VÉLEZ GARCÍA.

CIUDAD UNIVERSITARIA

ENERO, 2010



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## ÍNDICE

I. RESUMEN.....	3
II. INTRODUCCIÓN.....	4
III. MARCO TEÓRICO	
1. FUNCIONES EJECUTIVAS Y LÓBULOS FRONTALES.....	6
2. CONDICIONES NECESARIAS PARA EL DESARROLLO DE LAS FUNCIONES EJECUTIVAS.....	19
3. DESARROLLO DE LAS FUNCIONES EJECUTIVAS.....	30
IV. METODOLOGÍA .....	56
V. RESULTADOS.....	66
VI. DISCUSIÓN.....	105
VII. CONCLUSIONES.....	123
VIII. REFERENCIAS.....	125
IX. GLOSARIO DE PRUEBAS.....	135

## RESUMEN

**Objetivo:** Observar y describir el curso evolutivo de diferentes funciones ejecutivas en niños de edad preescolar, la diferencia entre niños y niñas, la relación existente entre los diferentes procesos y con inteligencia y lenguaje.

**Antecedentes:** En las últimas décadas el estudio de los lóbulos frontales y las funciones ejecutivas ha recibido particular atención en el campo de la neuropsicología. No obstante menor ha sido el interés en el desarrollo de tales funciones en estadios tempranos del ser humano. Estudios recientes han destacado una evolución importante de tales procesos durante los primeros años de vida.

**Metodología:** Se evaluaron 198 niños y niñas de 3 a 6.4 años de edad con dieciséis pruebas de funciones ejecutivas de manera individual. También se evaluó una submuestra de 58 niños con la *Escala McCarthy de aptitudes y psicomotricidad para niños*.

**Resultados:** Se observó un efecto estadísticamente significativo de la edad en quince de las dieciséis pruebas. Se encontraron diferencias significativas respecto al sexo de los sujetos en seis tareas, teniendo una mejor ejecución las niñas en cinco de ellas y los niños en una. Las pruebas aplicadas se agruparon en cuatro componentes que explicaron 58% de la varianza. El factor 1 agrupó las funciones ejecutivas frías, el factor 2, tareas de inhibición de conflicto, el factor 3, una tarea de percepción de riesgo beneficio y una de flexibilidad y el último factor una tarea de flexibilidad y una de inhibición afectiva. Se observó una correlación significativa entre las funciones ejecutivas y la inteligencia.

**Conclusiones:** Los resultados sugieren que existe un desarrollo progresivo de estas funciones asociadas a la edad y que hay un curso evolutivo diferente en niños y niñas para ciertos procesos; asimismo, la inteligencia y las FE parecen compartir procesos cognoscitivos. El análisis factorial coincide con algunos modelos planteados sobre la diversificación de funciones ejecutivas.

**Palabras Clave:** Funciones Ejecutivas, Desarrollo, Edad Preescolar.

## INTRODUCCIÓN

Dentro del campo de la neuropsicología el estudio de los lóbulos frontales y su relación con los procesos ejecutivos han despertado gran interés. El hecho de que esta región de la corteza cerebral esté íntimamente ligada a procesos tales como automonitoreo, toma de decisiones, autocontrol, atención, flexibilidad y memoria de trabajo entre otros, la sitúa en un lugar privilegiado en el estudio de la naturaleza humana, a tal punto que se le ha llegado a considerar el *órgano de la civilización* (Goldberg, 2001).

Un gran avance se ha logrado desde las primeras observaciones en heridos de las guerras mundiales, quienes presentaban lesiones focales, hasta nuestros días en los que se cuenta con una amplia gama de herramientas neuropsicológicas y de neuroimagen, las cuales cuentan con un alto grado de especificidad y precisión.

Sin embargo, es reciente el gran interés sobre el desarrollo de las funciones ejecutivas durante la infancia.

Dadas las limitaciones que implican el uso de las técnicas electrofisiológicas y de neuroimagen en niños pequeños, la práctica neuropsicológica se plantea como una buena alternativa para evaluar el desarrollo del niño y detectar posibles alteraciones, además de que su aplicación es más práctica y accesible.

Ampliar el conocimiento sobre el curso evolutivo de las funciones ejecutivas es útil tanto en la práctica clínica, como en la formulación de modelos teóricos y de programas educativos y de intervención. El objetivo del presente trabajo fue estudiar el desarrollo de diversas funciones ejecutivas en niños de 3 a 6 años, determinar los efectos del sexo, explorar las relaciones entre los diferentes procesos y la relación entre estos y otras aptitudes cognitivas (inteligencia y lenguaje).

En el primer capítulo se revisan las funciones ejecutivas y su relación con los lóbulos frontales, así como la anatomía y conexiones de estos.

En el segundo capítulo se exploran las condiciones necesarias para el desarrollo de las funciones ejecutivas. Por un lado, se hace una revisión sobre los procesos madurativos del sistema nervioso central y por el otro lado el papel que juegan la educación y el ambiente en el desarrollo de los procesos cognitivos en estudio.

Como parte final del marco teórico, se mencionan los antecedentes sobre el debate de unidad o diversificación de las funciones ejecutivas y diferentes modelos teóricos. Asimismo, se presentan estudios que analizan la relación entre las funciones ejecutivas, el lenguaje y el vocabulario. Por último, se hace una revisión de los estudios realizados en niños en edad preescolar con pruebas de Inhibición, Flexibilidad, Memoria de Trabajo, Percepción Riesgo Beneficio, Teoría de la Mente y Planeación.

En el cuarto capítulo se describen las pruebas utilizadas, así como las características de la muestra y el procedimiento. Se plantean los objetivos: a) conocer el efecto de la edad sobre diferentes procesos ejecutivos, b) determinar si influye el sexo de los participantes, c) estudiar si existe una agrupación de los diferentes procesos, y d) analizar la relación entre los procesos ejecutivos y la inteligencia y el lenguaje.

En el capítulo 5 se presentan los resultados y los análisis estadísticos correspondientes. Se encontraron pruebas sensibles al efecto de la edad y del sexo, el análisis factorial reveló cómo se agruparon las diferentes pruebas y finalmente se realizó una correlación entre las pruebas de las funciones ejecutivas y la inteligencia y el lenguaje. En el sexto capítulo se discuten los hallazgos y se relacionan con la literatura existente.

# 1. FUNCIONES EJECUTIVAS Y LÓBULOS FRONTALES

En la escala filogenética del ser humano, los procesos mentales que más tardaron en evolucionar fueron aquellos que nos permiten abstraer y crear representaciones mentales de objetos que nuestros sentidos no perciben en un momento dado. Las representaciones mentales permiten al ser humano anticiparse a las posibles consecuencias ante cierta situación sin que esta ocurra, lo cual a su vez proporciona herramientas para hacer planes futuros, así como percibir los riesgos y beneficios y actuar al respecto. La capacidad de anticipación insta al ser humano a inhibir ciertas conductas no adaptativas y en consecuencia flexibilizar el patrón de comportamiento de manera que podamos adoptar otras conductas de las cuales podría depender la supervivencia. Al mismo tiempo las representaciones mentales permiten anticipar aquello que otra persona pudiera pensar o sentir ante una situación dada, elemento fundamental en las redes sociales, sean de tipo cooperativo o competitivo. Finalmente, la capacidad de representar objetos en la mente y la manipulación de tal información ha proporcionado al ser humano la capacidad de crear.

De este modo, el ser humano es capaz de controlar, regular y planear eficientemente su conducta, de modo que se vea involucrado en conductas independientes, productivas y útiles para sí mismo (Lézak, 1994). Son estas funciones, que dirigen y coordinan el comportamiento y que encaminan varios procesos hacia una meta, a las que llamamos *funciones ejecutivas*.

A continuación se describen los procesos más comúnmente aceptados como *funciones ejecutivas* por la comunidad científica.

## **FUNCIONES EJECUTIVAS**

### *Establecimiento de Metas y Planeación.*

La planeación es la capacidad para integrar, secuenciar y desarrollar pasos intermedios para lograr metas a corto, mediano o largo plazo (Tsukiura, Fujii y Takahashi, 2001). De acuerdo con Goldberg (2001) el establecimiento de metas es el proceso mental más centrado en el yo, pues se deriva del “yo necesito” por lo que su aparición en la evolución del ser humano debió estar ligada a la emergencia de representaciones mentales del “yo”.

Alcanzar un objetivo implica una organización temporal del comportamiento y controlar la secuencia adecuada de varias operaciones mentales, siendo indispensable la capacidad de anticipar necesidades y circunstancias.

### *Memoria de trabajo.*

En múltiples situaciones de la vida cotidiana tenemos la necesidad de recordar algo con el fin de resolver un problema. En tales situaciones, nuestro cerebro debe seleccionar qué tipo de información es relevante y evocarla, ignorando todo el cúmulo de información que hemos almacenado pero que no nos sirve en ese momento. Adicionalmente, conforme la tarea avanza el cerebro debe de hacer cambios pertinentes, como dejar ir el recuerdo que hacía un momento era importante y evocar otro tipo de información. A dicho proceso de selección de recuerdos relevantes en una situación determinada se le denomina “memoria de trabajo” (Goldberg, 2001).

Baddeley (1990) la define como un sistema para mantener temporalmente y poder manipular cierta información, lo cual forma parte de un amplio rango de tareas cognitivas, como aprender, razonar y comprender.

## *Toma de decisiones*

Muchas de las preguntas que nos planteamos día a día no tienen una respuesta simple que pueda formularse de manera absoluta. Los procesos cognitivos necesarios para resolver situaciones ambiguas a través de prioridades son muy diferentes de aquellos que se ocupan en la resolución de situaciones determinantes (Goldberg, 2001). Resulta evidente que constantemente tenemos que hacer valoraciones sobre la presencia y probabilidad de ocurrencia de riesgos, beneficios y desventajas que conlleva la realización de un acto. Todos estos juicios involucran una carga afectiva que hemos adquirido en base a experiencias, propias o ajenas, y por ende somos capaces de hacer en cierta medida una anticipación de lo que sucedería en una u otra situación.

Uno de los paradigmas más relevantes para evaluar este tipo de procesos es el de la *demora de la gratificación*, en donde el sujeto debe elegir entre una recompensa de poco valor inmediata o una recompensa de mayor valor si espera. Esta circunstancia puede extrapolarse a diferentes situaciones cotidianas (por ejemplo: ver la televisión o trabajar).

## *Flexibilidad*

Nuestro entorno cambia constantemente y nuestros esquemas mentales deben ser lo suficientemente flexibles para adaptarse a la idiosincrasia de cierto contexto.

Si al evaluar nuestra conducta y su relación a nuestro nivel de adaptación a determinadas circunstancias nos percatamos de que no está siendo eficiente, entonces requerimos de la capacidad para inhibir el patrón de respuestas en curso y cambiar de estrategia; la excesiva fijación de un método, un criterio o una hipótesis afectan considerablemente la solución de problemas (Robbins, 1998).

### *Teoría de la Mente*

La mentalización es la capacidad para darnos cuenta de los pensamientos y motivaciones del *otro*, de anticipar su comportamiento, sus sentimientos y sus intenciones, de modo que construimos una *teoría de la mente* de la otra persona. Estos procesos son indispensables para nuestras relaciones sociales, independientemente de su dirección, si son de tipo competitivo o cooperativo (Goldberg, 2001).

Aunque algunos modelos teóricos no la consideren como una función ejecutiva por sí misma, no se niega su íntima relación con la corteza prefrontal ni con otras funciones ejecutivas (Véase Capítulo III).

Esta habilidad está particularmente desarrollada en dramaturgos, políticos y líderes militares, ya que su labor supone una representación mental especializada de los estados afectivos y cognitivos de otras personas.

### *Inhibición de respuesta*

Esta función alude a nuestra capacidad de inhibir y controlar respuestas afectivas, cognitivas y conductuales. Por tanto, no constituye un constructo unitario.

Así, podemos distinguir entre la inhibición en la atención, que se refiere tanto a la atención selectiva como al cambio en el foco atencional; y la inhibición de la acción que comprende por un lado la inhibición de una conducta y por el otro el cambio de un patrón de respuesta dominante a otro (Capilla, 2004).

La habilidad para mantener el foco de nuestra atención en un punto, nos permite la concentración en determinada actividad inhibiendo las señales que proceden de otras fuentes de información, es decir, evitando la distracción.

Por otro lado, resulta evidente día a día nuestra necesidad de inhibir y controlar nuestros impulsos naturales, como puede ser el apetito sexual, reacciones agresivas u otros, postergándolos y manifestándolos de una manera aceptable ante nuestros congéneres.

Aunque todas estas funciones se han relacionado a un área particular del sistema nervioso central, como veremos más adelante, y sean estudiadas de manera independiente en pruebas de laboratorio, en situaciones de nuestra vida cotidiana operan de manera conjunta. Por ejemplo, cuando estamos en vías de encontrar la solución a un problema requerimos llevar cierta secuencia y a la vez requerimos esquemas flexibles para visualizar diferentes alternativas y al hacer esto debemos ser capaces de anticipar las consecuencias de una u otra vía. Asimismo, debemos ser capaces de mantener la información relevante, manipularla e ignorarla en los momentos correctos. Todo lo anterior implica a la vez que mantengamos nuestra atención en un solo foco. Finalmente, si el problema involucra a otras personas, o incluso seres de otra especie, debemos ser capaces de anticipar lo que el otro piensa, siente y/o pretende.

## **LÓBULOS FRONTALES**

A pesar de que los lóbulos frontales ocupan aproximadamente la tercera parte de la corteza cerebral, en la antigüedad eran llamados los lóbulos silentes, pues se había observado que su daño no producía alteraciones evidentes. Sin embargo en el siglo XX, dadas las múltiples observaciones clínicas de traumatismos craneales provocadas por la Primera y Segunda Guerra Mundial, cuyas lesiones por lo general eran focalizadas, el estudio neuropsicológico fue refinándose. (Graham, 1983).

Llamamos neuropsicología a la ciencia que estudia las relaciones existentes entre la función cerebral y la conducta humana. (Ardila y Ostrosky-Solís, 1991)

Luria (1970), uno de los precursores más importantes en este campo, propuso el concepto de *sistema funcional* para describir la relación entre áreas corticales y diferentes procesos. De acuerdo a este sistema, se distinguen tres unidades funcionales básicas:

Primer bloque: Constituido por el tallo cerebral (bulbo raquídeo, puente y mesencéfalo) y tálamo; su función es mantener el tono y el nivel de alerta, así como activar diversas partes de la corteza dependiendo del tipo de señal percibida.

Segundo bloque: Analiza los estímulos ópticos, auditivos, cutáneos y cinestésicos. Las áreas involucradas (lóbulos parietales, temporales y occipitales) tienen una organización jerárquica, de modo que cada una cuenta con una zona primaria que registra la información; con un área secundaria, que la organiza y codifica; y la terciaria, que integra la información de diferentes áreas.

Tercer bloque: Este bloque se constituye por los lóbulos frontales e involucra la elaboración de intenciones y la programación del comportamiento, participan en alto grado en los procesos complejos de comportamiento. Dadas sus conexiones con el tallo cerebral, estos lóbulos activan el cerebro y regulan el nivel de atención y concentración.

De este modo, las funciones psíquicas más complejas son el resultado de la interacción de diversas áreas dedicadas a procesos más específicos, de modo que si uno de estos eslabones falla esto repercute en el todo (Luria, 1970).

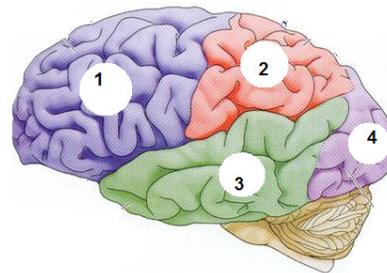
Por la relación que presentan los lóbulos frontales con los procesos más complejos del ser humano, como formular metas, hacer planes para lograrlas y

evaluar el éxito de nuestras acciones, Goldberg (2001) los ha llamado *el órgano de la civilización*: “...los lóbulos frontales le dotan al organismo de la habilidad de crear modelos neuronales de cosas como un prerrequisito para que sucedan, modelos de algo que aún no existe pero que queremos hacer real...”. Dicha habilidad puede verse como un prerrequisito para la elaboración de herramientas y de ahí se deriva, de acuerdo al autor, el asentamiento y base de la civilización. Asimismo, considera que la autoconciencia está íntimamente relacionada a la evolución de los lóbulos frontales.

## ANATOMÍA

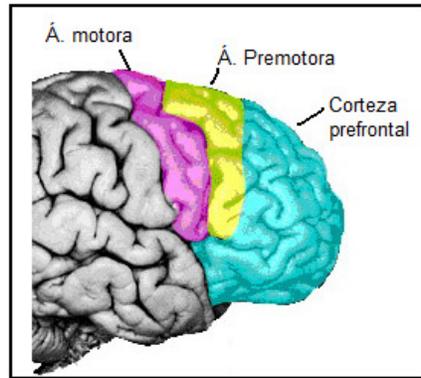
Los lóbulos frontales se encuentran en la parte anterior del cerebro, por delante de la cisura central y por encima de la cisura lateral (Afifi, 1999). Se extienden hacia el sistema límbico con el cíngulo anterior y el sector posterior de la superficie frontal orbital (Damasio, 1991).

1. Lóbulos frontales
2. Lóbulos parietales
3. Lóbulos temporales
4. Lóbulos occipitales

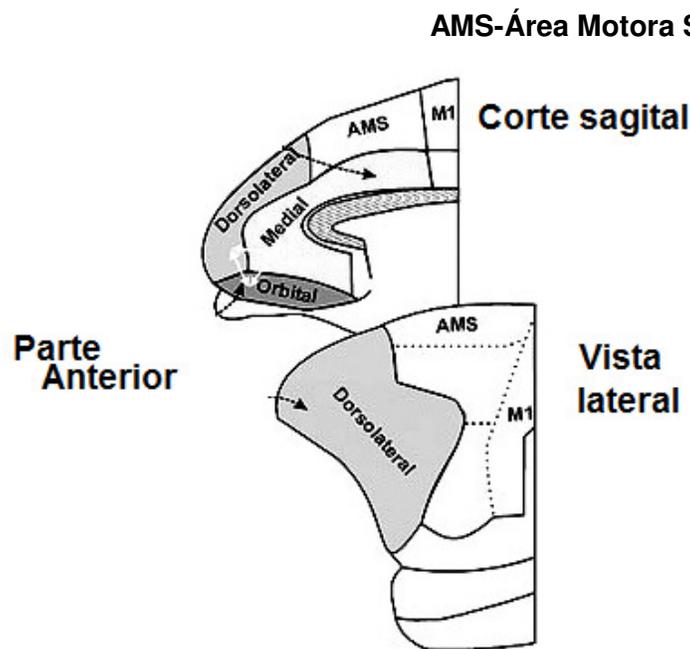


Los lóbulos frontales se dividen en:

- a) Las regiones posteriores de la corteza frontal (corteza frontal angular), las cuales corresponden al área motora primaria y al área motora de asociación.
- b) La corteza prefrontal (CPF) (o corteza frontal granular). Esta área es considerada de asociación, es decir, integra la información proveniente de otras regiones. Esta área representa la estructura neocortical más desarrollada en los seres humanos y ocupa aproximadamente un cuarto de la corteza cerebral (Fuster, 2002; Diamond, 2002).



A su vez, la corteza prefrontal se divide en las regiones dorsolateral, mesial y orbital. A través de diversos estudios, cada una de estas regiones se ha visto relacionada con determinadas funciones ejecutivas.



La región **prefrontal dorsolateral (CPDL)** es la más grande y la más reciente de la corteza frontal en la escala filogenética (Stuss y Levine, 2000). En términos generales esta región es requerida en procesos que demandan concentración, como cuando el proceso en curso es nuevo o complicado (Diamond, 2002). La CPDL se divide en dos porciones: dorsolateral y anterior.

La porción dorsolateral se ha relacionado con los procesos de planeación, memoria de trabajo, solución de problemas, flexibilidad, inhibición (tareas go/no go) y organización temporal (secuenciación) (Diamond, 2002; Hoshi y Tanji, 2004; Casey, 1997; Mc Carthy et al, 1994, Konishi et al, 2002; Fuster, 2002).

Por otro lado, la porción anterior de de la CPDL, cuya organización funcional es exclusiva del ser humano (Stuss y Levine, 2000), está más bien relacionada con los procesos de mayor jerarquía cognitiva, como son la metacognición, la cognición social, la conciencia del yo y el autoconocimiento<sup>1</sup>.

A diferencia del área dorsolateral, involucrada en aspectos cognitivos, el área **orbitofrontal** está relacionada más bien con los aspectos afectivos y motivacionales de las funciones ejecutivas. Se ha observado mediante estudios con primates no humanos y pacientes con lesión focal que esta zona está comprometida con la adaptación y el aprendizaje de cambios que conciernen relaciones estímulo-aprendizaje; dichos procesos resultan ser relevantes en los diferentes contextos sociales cotidianos. Asimismo, está relacionada a la toma de decisiones con contenido motivacional (Zelazo, 2004).

De acuerdo a Bechara et al. (2000) la región ventromedial del área orbitofrontal se relaciona con la detección de condiciones de riesgo, mientras que la región lateral se relaciona con el procesamiento de los matices negativo-positivo de las emociones. Asimismo, el área medial y orbital de la corteza prefrontal están involucradas en los procesos de inhibición afectivo conductual (Fuster, 2002).

Aunque aparentemente el área dorsolateral y el área orbitofrontal están relacionadas con procesos completamente diferentes, ambas funcionan de manera conjunta en la vida cotidiana para una adaptación exitosa al medio, dado

---

<sup>1</sup> *Metacognición*: Se refiere al conocimiento y autorregulación de los propios procesos mentales, como el aprendizaje. / *Cognición Social*: Alude al procesamiento de información sobre las relaciones entre miembros de una especie. / *Conciencia del Yo*: Es un término que hace referencia a la conciencia de uno mismo, como ente individual. / *Autoconocimiento*: Se refiere a la conciencia de las características y preferencias personales de uno mismo.

que pocas de las situaciones que vivimos carecen de un valor motivacional y cognitivo (Zelazo, 2004). Para Mitchell y Phillips (2007) la corteza prefrontal tiene un rol fundamental en la coordinación de la cognición con las emociones.

Por último, la **corteza frontomedial** está íntimamente relacionada con los procesos de inhibición de respuestas, la regulación de la atención, de la conducta y de estados motivacionales, incluyendo la agresión. Las porciones más anteriores de esta región están involucradas en los procesos de mentalización. (Shallice, 2001) Adicionalmente, el cíngulo anterior funciona de manera integral con esta región (Miller y Cohen, 2001).

## *CONEXIONES*

En un estudio realizado por Smendeferi et al. (2002) se observó que el tamaño relativo de las diferentes regiones de los lóbulos frontales (dorsal, medial y orbital) era similar entre diferentes especies de primates (macaco, gibón, orangután, gorila, chimpancé y humano). Los autores sugieren que las habilidades cognitivas humanas previamente atribuidas a una ventaja anatómica respecto al tamaño proporcional de los lóbulos frontales, puede deberse más bien a diferencias en áreas corticales individuales o a una interconectividad más rica, lo cual no se relaciona necesariamente con el tamaño de las estructuras estudiadas.

De hecho, una de las principales diferencias entre los humanos y otros primates respecto a la anatomía cerebral es el volumen de sustancia blanca. Schoenemann, Sheehan y Glotzer (2005) midieron en 11 especies de primates, incluyendo al humano, la sustancia gris y blanca de los lóbulos frontales y encontraron que la diferencia más importante entre humanos y no humanos radicaba en el volumen de la sustancia blanca, mientras que no se hallaron diferencias significativas respecto al volumen de la sustancia gris. Ya que la sustancia blanca está constituida por los axones neuronales, un mayor volumen

implica mayor número de conexiones y por lo tanto una mejor comunicación neuronal. No obstante, cabe subrayar que los seres humanos de este estudio eran personas con un alto nivel educativo y de ambientes urbanos.

Se especula que la corteza prefrontal es la región cerebral mejor conectada. Particularmente, está interconectada con cada unidad funcional del cerebro: se conecta a las áreas intermodales posteriores, que representa la estación de integración perceptual; con la corteza premotora, los ganglios basales y el cerebelo, todos involucrados en aspectos motores; mantiene estrechas interconexiones con el cíngulo anterior, el cual está involucrado con las emociones y con el enfrentamiento ante la incertidumbre; y está conectada con los núcleos del tallo cerebral encargados del nivel de alerta (Goldberg, 2001).

Las tres subregiones de la corteza prefrontal (lateral, medial y orbital) mantienen conexiones entre sí y con el núcleo del tálamo anterior y dorsal, estructura de relevo de la información sensorial (Fuster, 2002).

Por su parte, el área orbitofrontal y medial forman parte de un circuito fronto estriatal con extensas y directas conexiones hacia la amígdala (Zelazo, 2004), estructura que regula las relaciones básicas entre los miembros de una especie, y hacia otras regiones del sistema límbico, como es el caso del hipocampo, el cual tiene un papel crítico para la memoria. Adicionalmente, estas subregiones también están conectadas con el hipotálamo, el cual tiene un papel fundamental en los procesos homeostáticos (Goldberg, 2001).

La subregión lateral mantiene conexiones con el hipocampo y conexiones profusas con las áreas asociativas de la corteza occipital, parietal y temporal; y de manera más particular con el cíngulo anterior y posterior y con el núcleo caudado. (Fuster, 2002; Diamond, 2001).

## NEUROTRANSMISORES

Los neurotransmisores son las sustancias químicas que permiten la comunicación interneuronal. Existen diferentes tipos de neurotransmisores dependiendo del tipo de neuronas que los sintetizan y de la región donde éstas se encuentren, así como de la funcionalidad del mensaje sináptico a transmitir.

La corteza frontal comparte con otras regiones corticales una variedad de neurotransmisores. En particular, tres sistemas monoaminérgicos tienen su origen en el tallo cerebral e inervan la corteza prefrontal pasando por el tálamo:

- El sistema coeruleocortical noradrenérgico. Éste proyecta a áreas difusas con un máximo en la corteza somatosensorial (Fuster, 1988)
- El sistema dopaminérgico mesocortical. En comparación con otras vías dopaminérgicas (mesolímbica y nigroestriada) se caracteriza por una alta tasa de renovación, una descarga más alta y larga del neurotransmisor y una menor reactividad a agonistas y antagonistas de dopamina. Específicamente, se ha observado que existe una alta densidad de receptores dopaminérgicos en el área prefrontal dorsolateral (Diamond, 2002) Asimismo, se ha observado que la alteración de los mecanismos dopaminérgicos en el área prefrontal están relacionados a los síntomas afectivos y cognitivos de la esquizofrenia (Fuster, 1988).
- El sistema serotoninérgico que parte del núcleo de rafe. Particularmente se sabe que existe una densa inervación de este neurotransmisor en el área ventrolateral. Además existe una relación entre la variación genética para la codificación de la enzima monoaminoxidasa (MAO) -la cual degrada la serotonina- y rasgos de impulsividad (Passamonti, 2006).

También están presentes otros neurotransmisores que tienen un efecto generalizado sobre el sistema nervioso central, como lo son la acetilcolina, ácido glutámico y ácido  $\gamma$ -aminobutírico (GABA) (Fuster, 1988)

Cabe mencionar que aunque estudios clínicos y experimentales han permitido la asociación de ciertas áreas cerebrales con determinados procesos, esto no indica que podamos utilizar los términos *funciones ejecutivas* y *lóbulos frontales* de manera indistinta. La analogía de que los lóbulos frontales son como los directores de orquesta que coordinan y dirigen otras áreas corticales para integrarlas hacia un sólo objetivo, representa cómo el daño a alguna de las partes puede afectar la armonía del todo, es decir un daño focal exterior a los lóbulos frontales puede manifestarse en un daño a las funciones ejecutivas.

Por otro lado, observamos que desde las primeras observaciones clínicas de pacientes con daño frontal hasta nuestros días ha habido un enorme avance en nuestra comprensión sobre las relaciones entre el funcionamiento cerebral y su repercusión en la conducta, pensamiento y personalidad. Las neurociencias han cobrado cierto auge en las últimas décadas, contando con un gran repertorio de métodos y técnicas, como pruebas neuropsicológicas o estudios de neuroimagen. Sin embargo, considerablemente menos se sabe sobre el curso de los cambios madurativos del sistema nervioso central en el ser humano y su efecto en la emergencia y evolución de procesos cognitivo-conductuales. En los capítulos siguientes se realiza una revisión sobre las investigaciones hechas al respecto.

## 2. CONDICIONES NECESARIAS PARA EL DESARROLLO DE LAS FUNCIONES EJECUTIVAS

Las funciones ejecutivas son las operaciones cognitivas que más tardan en desarrollarse ontogenéticamente; y precisamente los lóbulos frontales siguen su desarrollo hasta la adolescencia tardía e incluso algunas regiones hasta la década de los veinte.

El desarrollo de alguna función cognoscitiva depende tanto de cambios madurativos como del ambiente. El trillado debate “naturaleza vs ambiente” se disipa cada vez más, pues en la actualidad existe un mayor acuerdo en que ambos factores intervienen de manera importante en la formación de un individuo, y más aún, estos no influyen o actúan de manera independiente, sino que interactúan entre sí.

Los primeros años de vida se caracterizan por una gran plasticidad cerebral, proceso que se refiere a la adaptación funcional del sistema nervioso para adaptarse a cambios del medio interno y externo, lo cual permite una mayor capacidad de aprendizaje. Esto resulta crucial dada la gran cantidad de información que recibe el ser humano en este periodo y la relevancia de conocer los elementos de su medio y la relación entre ellos para adaptarse.

### **MADURACIÓN**

La maduración es el conjunto de cambios dirigidos por procesos genéticos de acuerdo a tiempos específicos (Munakata et al, 2004), los cuales resultan fundamentales para tener las condiciones necesarias, aunque no suficientes, para un adecuado desarrollo cognitivo.

La maduración del sistema nervioso ocurre con la interacción de diversos procesos, algunos de los cuales ocurren antes del nacimiento y otros continúan

hasta la edad adulta (Lenroot y Giedd, 2006). Estos procesos siguen un patrón jerárquico, por lo que primero ocurren en áreas de proyección y posteriormente en las áreas asociativas. De este modo, la corteza prefrontal, junto con la región supralímbica, son las últimas áreas en completar su desarrollo (Stuss, 1992).

Mucho tiempo se pensó que durante la infancia los lóbulos frontales se mantenían silentes. Pero el hecho de que la corteza prefrontal sea una de las regiones que tardan más en madurar no implica que el desarrollo en estadios tempranos no sea significativo, por el contrario, la evidencia sugiere que los procesos ocurridos en la infancia temprana respecto al desarrollo neuronal y funcional de la corteza prefrontal son muy relevantes (Diamond, 2002).

Los procesos madurativos que dan forma al sistema nervioso central son de dos tipos: progresivos y regresivos. Como procesos progresivos están la proliferación celular (incremento del número de células), la arborización dendrítica (nacimiento y crecimiento de dendritas) y la mielinización (recubrimiento de los axones de las neuronas con mielina). Los fenómenos regresivos se refieren principalmente a la apoptosis (muerte neuronal), junto con regresión de espinas dendríticas y sinapsis (pérdida de las protuberancias membranosas donde se hace sinapsis) y la poda neuronal (disminución y/o eliminación dendrítica) (pruning) (Capilla, 2004). Aunque el cerebro humano alcanza el 90% del tamaño adulto a los cinco años, algunos procesos madurativos continúan hasta la edad adulta (Lenroot y Giedd, 2006).

La mielinización permite que los impulsos nerviosos se conduzcan con mayor velocidad, lo que reduce el efecto de la variabilidad de las distancias en diferentes redes, y por ende facilita el disparo sincronizado de las neuronas (Salami et al, 2003). Este proceso sigue el modelo jerárquico mencionado anteriormente, ocurriendo primero en áreas sensoriomotoras y finalmente en áreas asociativas (Yakovlev y Lecours, 1967).

De acuerdo a estudios con resonancia magnética, las últimas áreas en adquirir una “apariencia mielinizada” son los lóbulos frontales, parietales y occipitales, lo que ocurre entre los 8 y 12 meses de edad (Paus et al, 2001). Pero el proceso de mielinización no se completa hasta la tercera década de vida (Sowell et al, 2001).

Utilizando la misma técnica, se ha observado un incremento lineal en el volumen de sustancia blanca en los lóbulos frontales de los 4 a los 13 años (Giedd et al, 1999) y también durante la adultez temprana (Sowell, 1999; 2001). Tal aumento en el volumen de la sustancia blanca se atribuye en gran parte a la mielinización de los axones cortico-corticales (Fuster, 2002).

Estos fenómenos resultan relevantes para el desarrollo de las FE, ya que dependen tanto de la maduración de la corteza prefrontal, como de la madurez de las conexiones con otras áreas, corticales o subcorticales, así como de la integridad de estas regiones (Capilla, 2004).

La poda sináptica es importante para eliminar las conexiones no funcionales que no se repiten en el niño, el cual tiene más conexiones sinápticas que el adulto. A través de un estudio post mortem se observó que el proceso de poda es continuo desde los 5 hasta los 16 años en la capa III de la corteza prefrontal (Huttenlocher, 1979).

También por estudios post mortem se sabe que entre los 2 y los 7 años la densidad neuronal en la capa III de la CPF disminuye de un 55% a un 10% del valor promedio de un adulto. A los 3 años y medio, la densidad sináptica en la CPF alcanza su valor más alto, siendo aproximadamente 50 % mayor que en adultos y un decremento sustancial no ocurre sino hasta la adolescencia media o tardía (Huttenlocher, 1979; Huttenlocher y Dabholkar, 1997).

El volumen de la sustancia gris frontal aumenta durante la infancia y al llegar a la adolescencia alcanza su nivel máximo (a los 11 años en mujeres y a los 12 años

en hombres), declinando a partir de este punto (Lenroot y Giedd, 2006). Sowell et al. (2001) compararon las resonancias magnéticas de un grupo de niños (7-11 años), con un grupo de adolescentes (12-16 años) y con un grupo de adultos jóvenes (23-30 años). Observaron una reducción en la densidad de sustancia gris en la corteza dorso frontal entre los niños y los adolescentes y entre estos y los adultos jóvenes. Sin embargo la reducción resultó considerablemente más prominente entre los adolescentes y los adultos jóvenes. Asimismo, se observó un aumento del volumen cerebral en las regiones mencionadas; de modo que entre mayor era el crecimiento cerebral en estas regiones menor era la cantidad de sustancia gris observada. Cabe recalcar que un incremento de mielina en la corteza puede resultar en una reducción aparente de la sustancia gris vista a través de la técnica utilizada, por lo que los hallazgos podrían indicar un incremento en la sustancia blanca más que un decremento de la sustancia gris, o bien, ambas cosas.

Capilla (2004) realiza una sinopsis sobre los principales procesos madurativos neuronales, la cual ha sido complementada con los estudios mencionados:

**Procesos madurativos en el lóbulo frontal**

Proceso / Característica	Periodo	Autor
<b>Neuronas</b>		
Número	Máximo a los 2 años	Rakic, 1988
Densidad	Máxima en el nacimiento Disminución rápida 0-6 meses Disminución lenta 2 años-adolescencia	Huttenlocher, 1979
	En la CPDL disminuye sustancialmente de los 2-7 años	Huttenlocher, 1990
<b>Arborización dendrítica</b>	Ocurre una expansión de este proceso en las células piramidales de la capa III de la CPDL entre los 2 y 5 años	Mrzlijak et al, 1990
<b>Desarrollo sináptico</b>		
Sinaptogénesis (densidad sináptica)	Máxima a los 12 meses Disminución gradual a los 16 años En la CPF alcanza su valor más alto a los 3 años y medio En las células piramidales de la capa III de la CPDL alcanza su nivel máximo a los 12 meses y a partir de ese punto decrece	Huttenlocher, 1979 Huttenlocher y Dabholkar, 1997 Huttenlocher, 1979
Eliminación sináptica (pruning)	Poda continua de los 5-16 años en la capa III del CPF  Hasta los 20 años en el giro frontal medio	Huttenlocher, 1979  Huttenlocher, 1994
<b>Mielinización</b>	Apariencia mielinizada a los 8-12 meses Continúa durante la segunda década de vida Se prolonga incluso hasta la tercera década La sustancia blanca aumenta linealmente de los 4 a los 13 años en las regiones frontales	Paus et al, 2001 Klinberg et al, 1999  Sowell, 2001  Giedd, 1999

## *METABOLISMO CEREBRAL*

Chugani y Phelps (1987) fueron pioneros en demostrar la existencia de metabolismo frontal en edades tempranas utilizando el método de tomografía por emisión de positrones (PET). Observaron que a los seis meses había un incremento en la metabolización de la glucosa en la corteza prefrontal lateral y a los 8 meses en la corteza prefrontal medial. El metabolismo cerebral local de la glucosa en la corteza aumenta desde el nacimiento alcanzando el valor adulto a los dos años y al llegar a los 3 ó 4 años presenta tasas metabólicas máximas, aproximadamente 2.5 veces superiores a las del cerebro adulto. Este nivel se mantiene hasta los 9 años aproximadamente, cuando empieza a decrecer hasta establecerse en el nivel del adulto, durante la segunda década de vida. Se especula que los altos niveles metabólicos se deben al gasto realizado por las oligodendroglías durante la mielinización, o bien, al gasto energético que conlleva la existencia de una mayor cantidad de sinapsis (Casey et al, 1995).

## *MADURACIÓN Y DESARROLLO COGNITIVO*

Los cambios en la arquitectura del sistema nervioso y en el desarrollo cognitivo ocurren de manera concurrente a través del crecimiento del niño (Diamond, 2002). Diversos estudios de neuroimagen han permitido observar de modo más claro tal relación, de los cuales la técnica de resonancia magnética ha sido la más utilizada, por ser un método no invasivo. A continuación se mencionan algunos estudios donde se ocupó dicha técnica para indagar sobre esta relación.

En un estudio donde se aplicó la Escala de Inteligencia Weschler a 307 sujetos de entre 3.8 a 29 años de edad, se observó que existe una correlación negativa entre el coeficiente intelectual y el grosor cortical de la zona prefrontal y de los giros temporales izquierdos medio y superior, durante la infancia temprana; pero que dicha correlación se torna positiva teniendo un pico en la niñez tardía,

continuando el patrón durante la adolescencia y la adultez temprana (Shaw et al, 2006).

También se ha encontrado una correlación negativa entre la edad y el volumen de activación en el cíngulo anterior, en los giros frontales inferior y medial, y en el giro orbital, en niños de 7 a 12 años durante la realización de una tarea de inhibición (*go-no go*), que consiste en la ejecución de una respuesta ante un estímulo y la supresión de esta ante un estímulo alterno (Casey et al, 1995). En un estudio posterior en el que se ocupaba el mismo tipo de tarea, se mostró una activación en la corteza orbitofrontal, en el cíngulo anterior del hemisferio derecho y el giro frontal medio e inferior, tanto en niños como en adultos, aunque el volumen de activación era mayor en niños para el giro frontal medio y superior del hemisferio izquierdo, mientras que el del giro frontal inferior del mismo hemisferio era mayor en los adultos (Casey, 1997).

En cuanto a procesos de memoria de trabajo se ha visto que en los niños (9-11 años) se activan básicamente las mismas regiones, los giros frontales medio e inferior, que en adultos al realizar tareas que involucran este proceso; sin embargo, la intensidad de la activación resulta hasta 2 o 3 veces superior en los niños en una tarea de memoria de trabajo no espacial, lo que puede deberse a que la tarea demanda más esfuerzo a los niños. También se observó en ellos un patrón de activación más difuso con pequeñas activaciones en diferentes regiones prefrontales, lo que puede ser reflejo de una organización cortical aún inmadura (Casey, 1995).

Una técnica de neuroimagen de aparición reciente llamada NIRS (Near-infrared spectroscopy / Espectroscopía infrarroja) permite observar los cambios en la concentración de hemoglobina en el cerebro (una mayor concentración indica mayor actividad metabólica en la región observada). Ésta representa un buen método alterno dadas las restricciones que representa el uso de otras técnicas de neuroimagen en niños pequeños.

En un estudio, se utilizó la NIRS para comparar la actividad de la CPF entre niños de 5 y 6 años y adultos, en una tarea de reconocimiento visoespacial que involucra el uso de memoria de trabajo. Tsujimoto et al. (2004) encontraron que los niños de 5 años ya mostraban una activación en la CPF lateral, similar a la de los adultos. Sin embargo, aunque las activaciones eran parecidas y en la misma área, una comparación más detallada no fue posible debido a limitaciones técnicas.

Los mismos investigadores realizaron un estudio subsecuente utilizando la misma tarea pero con niños de entre 4 años con 4 meses a 6 años con 8 meses. La activación en la CPF aumentó gradualmente como una función de la edad. Además se observó que de la edad, la precisión en la tarea y el tiempo de reacción, el primer factor fue el predictor más significativo de la actividad en la CPF (Tsujimoto, 2008).

Finalmente, basándose en estudios neuropsicológicos, de neuroimagen y modelos animales, Luciana y Nelson (1998) concluyen que para tener un funcionamiento adecuado de la memoria de trabajo son necesarias las interacciones entre la CPF y varias regiones corticales y subcorticales, tales como las regiones parietales y temporales de asociación, el tálamo y los ganglios basales. Específicamente, para el desarrollo de la memoria de trabajo intervienen tres procesos: la maduración estructural de regiones cerebrales específicas; el refinamiento de los circuitos locales y la formación de redes neurales de larga escala.

### *CORTEZA PREFRONTAL Y DOPAMINA*

La dopamina es un neurotransmisor que está íntimamente involucrado en el comportamiento motor, percepción de la recompensa y procesos cognitivos, a través de sus diferentes circuitos (nigroestriado, mesolímbico y mesocortical).

La síntesis de este neurotransmisor se ve afectada por un trastorno llamado fenilcetonuria, el cual se caracteriza por una falla genética para la codificación de la fenilalanina hidroxilasa, enzima que transforma la fenilalanina en tirosina, sustancia precursora de la dopamina. Dadas las propiedades de las neuronas dopaminérgicas que inervan la corteza prefrontal, como su alta tasa de disparo, esta región es particularmente sensible a los bajos niveles de tirosina disponible. (Diamond, 2007).

Diamond et al (2007) han realizado diversos estudios en los que evalúan a niños con fenilcetonuria (con un nivel plasmático de fenilalanina de 6-10 mg/dL) con pruebas de memoria de trabajo e inhibición (procesos que dependen de la corteza prefrontal dorsolateral). En las diferentes edades evaluadas, desde los seis meses hasta los siete años, se ha encontrado una relación inversamente proporcional entre los niveles de fenilalanina en la sangre y la ejecución en estas tareas. Además se observó que los déficits cognitivos eran exclusivos de procesos dependientes de la CPF, pues también se aplicaron diez pruebas control, cuyos procesos requeridos dependían de la corteza parietal y temporal.

Por otro lado, la enzima *catecol-o-metiltransferasa* (COMT) es un degradador de dopamina en el espacio extracelular y tiene un mayor efecto en la CPF que en otras regiones cerebrales. Una de las variaciones del gen que codifica para esta enzima, en la que hay una sustitución de metionina por valina, provoca que la dopamina permanezca mayor tiempo en el espacio sináptico, lo que resulta en una mejor ejecución en pruebas cognitivas que involucran inhibición y memoria de trabajo, pero no en pruebas cognitivas que no involucran la CPDL. (Diamond et al, 2004).

## **ESTIMULACIÓN Y AMBIENTE**

Como se mencionó anteriormente, los cambios madurativos conforman una condición necesaria pero no suficiente para la adquisición de habilidades

cognitivas, entre ellas las funciones ejecutivas. Es decir, sin los cambios madurativos que le dan la estructura adecuada al sistema nervioso, no podrían surgir las funciones cognitivas, pero tales cambios por sí solos no garantizan la aparición y buen desarrollo de éstas.

Durante el desarrollo, el aprendizaje juega un papel fundamental en el establecimiento de sinapsis, de acuerdo a la experiencia unas serán eliminadas y otras fortalecidas, lo que se traduce en cambios notables en el número y fuerza de las conexiones neuronales. Asimismo se observan cambios en la mielinización como efecto de la estimulación (Munakata et al, 2004).

Así, los genes y el ambiente no actúan separadamente, sino que existe una interacción entre estos factores. Un ejemplo es el caso del receptor NMDA (receptor del neurotransmisor glutamato), que por programación genética cambia a través del tiempo facilitando el aprendizaje en las primeras etapas del desarrollo. Sin embargo, este cambio es dependiente de la experiencia de modo que si el individuo es privado de ella, el curso regular de la expresión del gen se ve afectado (Munakata et al, 2004).

El ambiente por sí mismo juega un rol particularmente importante en el desarrollo de las funciones ejecutivas: en un estudio se comparó el efecto de dos programas curriculares distintos de educación preescolar y al cabo de un año se observó que los niños del programa experimental presentaban una mejor ejecución en pruebas que medían funciones ejecutivas, así como en pruebas académicas, además de que eran más capaces de controlar sus emociones y esperar turnos durante sus interacciones sociales (Diamond et al, 2007).

También se ha observado que la ejecución en pruebas psicométricas de funciones ejecutivas está relacionado significativamente con el nivel educativo de los participantes. En un estudio, se observó que la educación explicaba el 38 y 29 %

de la varianza en la ejecución de tareas de fluidez verbal y memoria de trabajo respectivamente. (Gómez Perez y Ostrosky, 2006).

Por otro lado, Schore (1999) ha propuesto que la interacción madre-hijo resulta relevante para el desarrollo normal de la corteza orbitofrontal durante los primeros meses de vida y que la ocurrencia de experiencias estresantes durante este periodo puede ocasionar un daño permanente en dicha región, lo que provoca cierta predisposición a padecer trastornos psiquiátricos.

Existe un acuerdo general en que habilidades tales como el automonitoreo, el autocontrol o la anticipación son relevantes para la formación de un comportamiento social apropiado. La incapacidad para adquirir estas habilidades puede estar relacionada a una disfunción o una maduración retardada de los lóbulos frontales (Sidney et al, 1992). Observamos entonces que aún en los aspectos más sociales del desarrollo, está involucrado el factor madurativo. Pero, al mismo tiempo no podemos dejar a un lado el factor ambiente, pues sería un grave error diagnosticar a un niño con TDAH cuando en realidad existe un estilo de educación parental inapropiado.

Por todo lo anterior, concluimos que una teoría del desarrollo que no considere los factores biológicos es una teoría incompleta y al mismo tiempo un enfoque biológico debe considerar también los factores ambientales.

### 3. DESARROLLO DE LAS FUNCIONES EJECUTIVAS

Como observamos en el capítulo anterior, la maduración de los sustratos anatómicos necesarios para el desarrollo de las funciones ejecutivas no se completan hasta la adolescencia, e incluso algunas zonas específicas un poco más tarde. Una evolución análoga sucede con el desempeño de actividades que implican el uso de estas funciones. Vemos por ejemplo, como un niño tiene problemas para controlar sus impulsos y dicen o hacen a menudo cosas consideradas socialmente inapropiadas. Conforme pasa el tiempo observamos cambios en el individuo de modo que este adquiere un mayor autocontrol, una mayor habilidad para planear, organizar y tomar decisiones. De este modo, no resulta sorprendente que la mayoría de edad no se obtenga hasta los 18 años en muchos países del mundo.

#### **DESARROLLO**

Llamamos desarrollo al proceso de cambio que ocurre a través del curso de la vida. (Munakata et al, 2004)

Munakata et al (2004) hacen la distinción entre los primeros términos utilizados en la literatura del desarrollo, considerados ahora como deterministas y simplistas como *periodos críticos*, - concepto que se refiere a periodos en los que la experiencia debe ocurrir para lograr un desarrollo regular o máximo, y fuera del cual el aprendizaje es ineficaz- y los términos recientes que contemplan la complejidad del desarrollo, como el de *periodos sensibles*, término que se refiere a los periodos donde el aprendizaje tiene mayor efecto, aunque fuera de éste el aprendizaje también puede llegar a ser eficaz.

## **FUNCIONES EJECUTIVAS: ¿UNO O VARIOS FACTORES?**

Desde las primeras observaciones sobre la relación existente entre la CPF y las funciones ejecutivas, ha existido la pregunta sobre si estas constituyen un proceso unitario o si es un conjunto de procesos diferentes y/o hasta independientes.

Se ha apoyado más una visión diversificada de los procesos de funciones ejecutivas debido a la variabilidad observada en los pacientes con daño frontal respecto a su ejecución en las pruebas de funciones ejecutivas, ya que pueden tener éxito en algunas pruebas y en otras no (Godefroy, 1999); a que se han observado correlaciones bajas en sujetos control entre la ejecución de tales pruebas (Friedman, 2006); y a los diferentes estudios de resonancia magnética que adjudican regiones específicas de la CPF a procesos particulares (Casey et al, 1995; Casey et al, 1996; Hoshi y Tanji, 2004, Konishi et al, 2002), así como la afinación de pruebas neuropsicológicas (Diamond, 2002; Bechara et al, 2000). Sin embargo, dentro de esta perspectiva, diferentes autores consideran que existen ciertos factores angulares de los que se derivan todos los procesos ejecutivos. Actualmente no existe un acuerdo sobre cuáles son esos factores. A continuación, presentamos diversas propuestas.

De acuerdo a Pennington y Ozonoff (1996), la inhibición de respuestas y la memoria de trabajo pueden ser los responsables de una buena ejecución en diferentes pruebas de funciones ejecutivas. Al respecto, se ha mostrado que el envejecimiento normal tiene un mayor impacto en el control inhibitorio que en la memoria de trabajo, lo que al menos apoya que son procesos independientes, además de que los sustratos neuronales son diferentes para estos procesos (Sweeney et al 2001; Luciana y Nelson 1998; Casey et al 1997)

Por otro lado, Miyake et al. (2000) aplicaron a 137 estudiantes universitarios cinco pruebas complejas de funciones ejecutivas y 9 pruebas simples, de las cuales tres pretendían medir de modo casi puro flexibilidad, inhibición y

automonitoreo, respectivamente. Los resultados arrojaron que estos tres constructos son distinguibles entre sí, pero no completamente independientes ya que se observó entre ellos una correlación moderada ( $r=.42$ ). Adicionalmente los tres constructos intervinieron en diferente grado en la ejecución de las cinco tareas complejas. De este modo, los autores adoptan una posición intermedia entre las posturas de diversidad y unidad, aunque mencionan que la separabilidad de las funciones ejecutivas puede variar de acuerdo a la muestra poblacional.

Anderson et al. (2005) opinan que las funciones ejecutivas pueden clasificarse en: control atencional (atención selectiva y mantenida); la flexibilidad cognoscitiva (que implica inhibición y autocontrol), y el establecimiento de metas (iniciación, planeación, solución de problemas y uso de estrategias).

Por otro lado, el modelo de Barkley (1997), basado en observaciones clínicas de niños con autismo, TDAH y otras patologías, considera cuatro elementos esenciales: memoria de trabajo no verbal; autorregulación del afecto; internalización del discurso (memoria de trabajo verbal); y reconstitución (análisis y síntesis del comportamiento). Para este autor, la inhibición de respuestas es la piedra angular de estos factores.

Zelazo y Muller(2002) hacen la distinción entre funciones ejecutivas “frías” que son las más puramente cognitivas y se asocian con la CPF lateral; y las “calientes” que se involucran más hacia valores afectivos y motivacionales y están asociadas con la corteza orbitofrontal.

Finalmente, Tsujimoto (2008) sugiere que las diferentes funciones de la CPF se fraccionan gradualmente desde la infancia temprana hasta la adolescencia o adultez temprana. En un estudio en el que este autor y sus colaboradores evaluaron la relación entre memoria de trabajo e inhibición de respuestas en dos grupos, uno de 5-6 años y otro de 8-9 años, a través de tareas auditivas y visoespaciales de regresión y tareas go/no-go, encontraron que los niños mayores

no mostraron una correlación significativa en la ejecución de estas tareas, contrariamente a lo que sucedió en el grupo de niños menores, lo que puede implicar que en este grupo la memoria de trabajo y la inhibición de respuestas comparten un sistema neural común.

Modelo/Perspectiva	Muestra	Referencias
Inhibición de respuestas y Memoria de Trabajo, son responsables de diversos procesos.	Niños con Autismo, TDAH, Síndrome de Tourette y Desórdenes de la Conducta sin TDAH	Pennington y Ozonoff (1996)
La Flexibilidad, el Automonitoreo y la Inhibición son procesos separables pero no independientes.	Estudiantes universitarios	Miyake et al. (2000)
Las FE se clasifican en: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control atencional</li> <li>• Flexibilidad cognoscitiva (que implica inhibición y autocontrol)</li> <li>• Establecimiento de metas</li> </ul>	Niños regulares y con desórdenes clínicos	Anderson et al. (2005)
La inhibición es el factor angular de cuatro elementos básicos: memoria de trabajo no verbal; autorregulación del afecto; internalización del discurso (memoria de trabajo verbal); y reconstitución (análisis y síntesis del comportamiento).	Niños con Autismo y TDAH	Barkley (1997)
Distinción entre funciones ejecutivas frías y calientes.	Niños regulares (edad preescolar)	Zelazo y Muller (2002)
Diversificación gradual de procesos, al menos de Memoria de Trabajo e Inhibición	Niños regulares (5 a 9 años)	Tsujimoto (2008)

## LA RELACIÓN ENTRE INTELIGENCIA Y FUNCIONES EJECUTIVAS

Goldberg (2001) opina que no existe alguna característica cerebral única y distintiva que esté directamente relacionada con el factor intelectual  $G$  (del concepto de inteligencia general de Spearman) y que por el contrario los diferentes casos de “genios” reflejan propiedades locales de la mente, y por tanto del cerebro; lo cual tiene poco que ver con el sentido de “ser listo” como un atributo global.

No obstante, algunos estudios hechos en población adulta sugieren que existe una relación directa del factor general de inteligencia ( $g$  de Spearman) con la CPF y la memoria de trabajo. Thompson et al (2001) hallaron en un estudio con resonancia magnética (MRI) realizado en 20 sujetos con una edad promedio de 48 años ( $\pm 3$ ), que el volumen de sustancia gris en zonas frontales estaba relacionado a un estimado del IQ, derivado de la ejecución en pruebas de memoria de trabajo visual y espacial, atención selectiva y dividida, vocabulario, velocidad motora y habilidad visoespacial ( $r=.45$ ;  $p<.05$ ).

En otro estudio se observó a través de la técnica de tomografía por emisión de positrones (PET) la actividad cerebral de 13 participantes (edad promedio=26 años) mientras ejecutaban la tarea de matrices de Raven (verbales y espaciales), que correlacionaban positiva y significativamente con el factor  $g$ . En estas tareas el sujeto debía discernir cuál elemento de cuatro que se presentaban era el que no encajaba, para lo cual se necesitaba cierto grado de abstracción. Asimismo, se aplicaron tareas control, en las que las instrucciones eran las mismas pero el grado de complejidad era mínimo. Las zonas que presentaron mayor activación para las tareas de un alto componente  $g$  fueron la corteza prefrontal bilateral y una región del giro frontal medio/cíngulo anterior, parte del sistema visual posterior y una parte de la corteza premotora y del lóbulo parietal para las tareas espaciales; y la corteza prefrontal lateral izquierda para las verbales (Duncan, 2000).

Finalmente, Gray et al (2003) observaron en 60 participantes (edad promedio= 29 años) que una alta inteligencia fluida, medida por las *Matrices de Raven*, estaba correlacionada con la precisión de los estímulos que demandaban mayor atención en una tarea de memoria de trabajo. Durante estos ensayos se pudo observar a través de fMRI que las zonas activadas era la CPF lateral, el cíngulo anterior dorsal y el cerebelo lateral; aunque las zonas que explicaban el 99 % de la relación entre inteligencia fluida y los ensayos difíciles fueron la CPF lateral izquierda y la corteza parietal bilateral.

Aunque en las investigaciones mencionadas notamos que el principal sustrato neuronal de la inteligencia coincide con el principal sustrato neuronal de las funciones ejecutivas (CPF), cabe mencionar la distinción entre dos tipos de inteligencia: Diamond et al (2007) argumentan que hay poca relación entre las FE y la inteligencia cristalizada (p/e.- recordar hechos) pero existe una mayor relación entre las FE y la inteligencia fluida, la cual se refiere a la capacidad de solucionar problemas y al razonamiento; aunque las pruebas tradicionales para medir el CI miden la inteligencia fluida, éstas tienden a enfatizar la inteligencia cristalizada. Podemos clasificar las tareas de los estudios revisados como inteligencia fluida, la cual se relaciona además con la metacognición, la memoria de trabajo y control atencional (Gray, 2003).

Es posible que debido a lo anterior exista cierto grado de controversia respecto a la relación entre daño frontal y una disminución en la inteligencia. Al parecer las pruebas estándar para medir el CI no son suficientemente sensibles al daño o patología prefrontal, pues los resultados de las investigaciones encuentran hallazgos contradictorios. Las habilidades comprendidas en estas pruebas no siempre se alteran en caso de disfunción frontal (Ardila, 2007). Sin embargo, se puede deducir que dada la gran extensión de los lóbulos frontales y la gran diversidad de funciones que albergan, es completamente comprensible que su daño tenga alguna repercusión en distintas funciones cognitivas y que el efecto

sobre habilidades intelectuales sea una consecuencia de la cantidad de volumen afectado más que de la localización (Graham, 1983).

## **FUNCIONES EJECUTIVAS Y LENGUAJE**

El poder generativo del lenguaje puede depender de la capacidad de crear y sostener representaciones mentales; asimismo, puede que el lenguaje haya estado ligado, durante la evolución a la emergencia de las funciones ejecutivas. El lenguaje provee los medios para construir modelos, mientras que las FE proveen los medios para manipularlos y llevar a cabo operaciones (Goldberg, 2001).

De acuerdo a Barkley (1997) el lenguaje representa una herramienta poderosa para regular y dirigir el comportamiento. La internalización del lenguaje facilita el seguimiento de reglas, la resolución de problemas, el automonitoreo y la metacognición. Adicionalmente, el lenguaje resulta un vehículo para lidiar con las emociones y lograr una autorregulación emocional más efectiva (Kopp, 1989; en Liebermann, 2007)

Luria y Vygotsky (1961; 1986) consideraron al discurso privado como un mecanismo muy importante para el desarrollo de las FE. Dicho discurso encuentra su origen en el discurso público, es decir aquél de las personas que circundan al niño y que regulariza su comportamiento, por lo que es necesario que el niño adquiera éste primero para luego internalizarlo.

Diversos estudios han investigado la relación entre FE y lenguaje en etapas tempranas del desarrollo. En niños en edad preescolar se ha observado que la prueba de habilidad verbal *Peabody Picture Vocabulary- 3* mantiene una correlación positiva y significativa con pruebas de planeación, de flexibilidad cognitiva, de memoria de trabajo y de teoría de la mente (Carlson et al, 2004; Müller et al, 2005; Liebermann et al, 2007; Atance y Jackson, 2009). Sin embargo,

cabe mencionar que la correlación encontrada en estos estudios no controlaba el factor edad.

Respecto a la relación particular entre memoria de trabajo y lenguaje, Munakata et al. (2004) señalan que la memoria de trabajo poco desarrollada en el niño puede facilitar el aprendizaje del lenguaje, restringiendo la atención a elementos clave resaltando la estructura gramatical. Un experimento simulando artificialmente estos constructos mostró que las limitaciones en la memoria de trabajo aventajaba el procesamiento del lenguaje.

## **DESARROLLO DE LAS DIFERENTES FUNCIONES EJECUTIVAS.**

Dada la complejidad inherente que implica el concepto de funciones ejecutivas, la presencia de estas y el curso de su desarrollo en estadios tempranos del ser humano fueron subestimadas o ignoradas por algún tiempo en la investigación neuropsicológica. No obstante, la literatura existente muestra que ocurren cambios importantes que constituyen la base para una eficaz adquisición de las diferentes funciones.

La ejecución en pruebas que evalúan funciones cognitivas superiores, a las que está relacionada la CPF, cambia sustancialmente durante la infancia temprana (Luciana and Nelson, 1998; Diamond et al, 2002; Davidson et al, 2006).

### *INHIBICIÓN*

De acuerdo a Goldberg (2001) la capacidad para controlar voluntariamente nuestras acciones es un ingrediente importante, si no central, de la madurez social. Tal capacidad no es innata y más bien emerge gradualmente a través del desarrollo; al respecto, numerosos estudios han encontrado que la inhibición de

respuestas incrementa considerablemente a partir de los cuatro años (Diamond, 2002; Davidson et al 2006; Carlson et al, 2005; Liebermann et al, 2007).

Como vimos en el primer capítulo, el control inhibitorio no es un constructo único y es un elemento central de la autorregulación, la cual a su vez puede clasificarse en socioemocional o cognitiva (Bodrova y Leong, 1998).

En cuanto a las tareas para evaluar el control inhibitorio se ha realizado una distinción entre las tareas de “conflicto” en las que se requiere la flexibilidad para suprimir una respuesta dominante y ejecutar la alterna; y de “espera” en las que se requiere que el niño posponga determinada conducta (Carlson et al, 2004). Algunos ejemplos de tareas de conflicto son las pruebas *Less is More* y *Stroop*, mientras que algunas tareas de espera son *Demora del Regalo* y tareas del tipo *Go/No Go*. A continuación describimos algunas investigaciones que han hecho uso de tales pruebas.

La tarea *Less is More* fue diseñada por Carlson et al (2005) y consistió en que los niños tenían que señalar una recompensa pequeña (dos dulces) para obtener la recompensa grande (cinco dulces). De una muestra total de 101 niños, se observó que los participantes de 3 años, a diferencia de los de 4, tuvieron dificultades para inhibir su deseo de señalar la recompensa preferida: la pila grande. Sin embargo cuando se utilizaban símbolos abstractos, los niños de 3 años fueron capaces de señalar el símbolo de la recompensa pequeña. Es decir, aunque los niños de 3 años sean cognitivamente capaces de realizar la acción adecuada (señalar el estímulo opuesto) todavía no tienen un dominio del componente afectivo que se desata ante la presentación del estímulo real.

Gerstadt et al. (1994) adaptaron la prueba *Stroop (color)*, ampliamente estudiada en adultos, para usarla en niños y crearon la prueba de *Stroop Día-Noche* en la que el niño debe decir *Día* cuando se le presenta una tarjeta con la luna y las estrellas y debe decir *Noche* si se le muestra una tarjeta con el sol. En este

estudio se notó un incremento continuo en el porcentaje de respuestas correctas en los ocho intervalos de edad entre los 3 ½ y 7 años (n=161). Adicionalmente fue mayor la cantidad de niños menores de 4 ½ años que fallaron el pretest que los mayores de esta edad. Los niños menores de 4 ½ años generalmente ejecutaron bien la tarea en los primeros ensayos, sin embargo decreció su desempeño dando respuestas incorrectas en los últimos ensayos. El tiempo de latencia para responder disminuyó significativamente entre los 3 ½ y los 4 ½ años, estabilizándose a partir de este punto. Adicionalmente, sólo en el rango de 3 ½ años se encontraron diferencias en el tiempo de respuestas entre niñas y niños favoreciendo a estos últimos, pero no hubo ninguna diferencia significativa en la precisión de las respuestas de acuerdo al sexo.

En otro estudio se evaluó el control inhibitorio en 49 niños de 3 y 4 años a través de las tareas: *Demora del Regalo*, en la que se le pide al niño que no voltee mientras el experimentador envuelve ruidosamente un regalo para él/ella; *Susurro*, en la que se le pide al niño que mencione en voz baja el nombre de diferentes caricaturas, algunas de las cuales son desconocidas y otras populares; y *Oso/Dragón*, en la que el niño tiene que seguir las instrucciones del oso e ignorar las instrucciones del dragón. Aunque los niños de 4 años tenían una mejor ejecución en las tres pruebas, la diferencia fue significativa sólo para la prueba de *Susurro* ( $t(47)=2.45$ ;  $p<.05$ ). Esta prueba no mostró una correlación significativa con las otras dos pruebas, mientras que las pruebas de *Oso/Dragón* y *Demora del Regalo* sí se correlacionaron significativamente ( $r=.35$ ;  $p<.001$ ) (Carlson et al., 2004). Tales resultados podrían sugerir que la diferenciación entre tareas inhibitorias de *conflicto* y de *espera* no es del todo acertada, o bien que la prueba de *Susurro* carece de validez y que las pruebas *Oso / Dragón* y *Demora de Regalo* se correlacionan por factores comunes al desarrollo.

Liebermann et al. (2007) utilizaron la prueba del *Regalo Inesperado*, en la que se le da al niño un regalo de poca estimación y que evalúa el grado de control emocional, y la de *Demora de Regalo* para evaluar a sesenta niños de 3, 4 y 5

años. Dividieron a los niños en dos grupos y observaron diferencias significativas de acuerdo a la edad en la *Demora de Regalo* [ $F(1,58)=6.84$ ;  $p<.05$ ] y en la emisión de respuestas positivas, pero no negativas, en la del *Regalo Inesperado* [ $F(1,55)=6.54$ ;  $p<.01$ ]. Asimismo encontraron que la inhibición de *Demora de Regalo* correlacionaba con el desempeño en la tarea de *Dígitos en Regresión* ( $r=.37$ ,  $p<.01$ ), con las respuestas en tareas de *Falsa Creencia* que evalúan Teoría de la Mente ( $r=.28$ ,  $p<.05$ ) y con la habilidad verbal ( $r=.36$ ,  $p<.01$ ). Sin embargo, ninguna de las pruebas correlacionaba con los resultados de las subescalas de *Inhibición, Control Emocional y Memoria de Trabajo* del *BRIEF-P* (Behavioral Rating Inventory of Executive Functions-Preschool). Es decir, entre los 3 y los 5 años ocurre una mejora en el proceso inhibición de espera con contenido motivacional que puede influir en el mejoramiento de habilidades sociales, como lo es la supresión de una respuesta gestual negativa. Por otro lado, la relación encontrada entre este tipo de inhibición y memoria de trabajo, teoría de la mente y habilidad verbal, nos puede indicar que estos procesos están relacionados entre sí y que algunos puedan ser precursores de otros; sin embargo, ya que dichas correlaciones no controlaron el factor edad también pueden adjudicarse a un progreso paralelo producto del desarrollo.

Carlson et al. (2005) no encontraron diferencias significativas entre el desempeño de los niños de 3 y 4 años en la tarea *Stroop Día –Noche* basándose en el porcentaje de sujetos que habían pasado la prueba tomando como criterio el haber tenido 12 de 16 aciertos; sin embargo, en la tarea *Oso-Dragón* (criterio: pasar 4 de 5 ensayos) y en la prueba *Demora del Regalo* (criterio: no voltear) sí encontraron diferencias significativas respecto al porcentaje de participantes que pasaron la prueba entre los niños de 3, 4 y 5 años [ $\chi^2(4, N = 411) = 65.23$  y  $\chi^2(4, N = 470) = 14.29$ ;  $p<.01$ ].

Por otro lado, ante la observación de que diversas pruebas de inhibición carecían de cierta pureza al requerir que los participantes mantuvieran una regla en mente, como es el caso de la prueba *Stroop*, Davidson et al. (2006) diseñaron la tarea

de *Flechas*, la cual requiere un mínimo de memoria de trabajo. Esta es una prueba computarizada en la cual puede aparecer una flecha vertical en la parte izquierda o derecha de la pantalla apuntando al botón del mismo lado (ensayos congruentes), o una flecha diagonal en la parte izquierda o derecha de la pantalla apuntando hacia el botón del lado opuesto (ensayos incongruentes); de modo que el niño debe presionar el botón que la flecha señala, inhibiendo en los ensayos incongruentes el lado en el que aparezca la flecha. En este estudio se evaluaron a 90 niños de 4 a 6 años y se observó que los niños de 6 años tenían significativamente menos errores que los niños de 4 y 5 años y si se les daba más tiempo para responder sólo los de 6 años podían presentar un desempeño similar al de los adultos (precisión:  $F(1,88)=10.69$ ;  $p<.005$ ).

En el mismo estudio se aplicó también la prueba computarizada de *Figuras* en la que podía aparecer una rana o una mariposa del lado izquierdo o derecho de la pantalla y las instrucciones eran que los participantes debían presionar el botón izquierdo si aparecía la mariposa y el botón derecho si aparecía la rana, no importando el lado de la pantalla en el que aparecieran dichas figuras, además para reducir la carga de memoria de trabajo, pequeñas figuras de la mariposa o de la rana estaban indicadas en los botones que les correspondían. Se observó que entre los 4 y los 6 años existía una disminución en sus tiempos de respuesta ( $F(1,88) = 4.58$ ,  $p < 0.04$ ) y una reducción de respuestas anticipadas ( $F(1,88) = 6.07$ ,  $p < 0.02$ ); sin embargo, no existían diferencias en la precisión de las respuestas respecto a la edad si tenían un periodo mayor para responder.

Finalmente Davidson et al. (2006) también aplicaron una prueba computarizada que medía simultáneamente inhibición y memoria de trabajo: en ésta, llamada *Puntos*, los niños debían apretar el botón del mismo lado cuando apareciera un punto rayado (condición congruente) y apretar el botón del lado opuesto cuando el punto era liso (condición incongruente). Para las tres condiciones (congruente, incongruente y mixta) hubo con la edad un aumento en la precisión de respuestas (congruente:  $F(1,88)=18.19$  ( $p<.005$ ); incongruente: 7.76 ( $p<.005$ ); mixta: 6.24 ( $p<.05$ )) y una disminución de las respuestas anticipadas (congruente:

$F(1,88)=18.52$  ( $p<.0001$ ); incongruente:15.07 ( $p<.0001$ ); mixta: 11.21( $p<.005$ ). Además, la precisión de las respuestas disminuyó en un 70% en la condición mixta respecto a la condición congruente e incongruente a nivel general.

Estos hallazgos indican que de los 4 a los 6 años existe un progreso del proceso inhibitorio en sí y también al combinarse con memoria de trabajo.

### *FLEXIBILIDAD*

De los 3 a los 5 años los niños manifiestan una importante mejoría en actividades de *cambio de tareas (task-switching)* en las que se requiere un mantenimiento activo de la información e inhibición. Se ha sugerido que tal ejecución involucra en gran medida el funcionamiento de la corteza prefrontal dorsolateral sólo cuando el cambio de tarea implica el cambio del foco atencional a una dimensión diferente pues esto implica el procesamiento de información novedosa y por lo tanto mayor concentración (Diamond et al, 2002).

Una de las pruebas más utilizadas en este campo es la de *Clasificación de Cartas con Cambio de Dimensión (Dimensional Change Card Sort; DCCS)* desarrollada por Zelazo (1996) quien encontró que los niños de 3 años no eran capaces de efectuar un cambio en el criterio de clasificación (de color a forma o viceversa) de las cartas que les daba el experimentador, mostrando un patrón de inflexibilidad similar al de los pacientes con daño frontal. Los niños de 5 años en su mayoría fueron capaces de clasificar adecuadamente las cartas siguiendo el nuevo criterio. Carlson et al. (2005) encontraron también diferencias significativas respecto al porcentaje de sujetos de 3 y 4 años que pasaban la prueba ( $\chi^2(3, N = 211) = 42.58, p<.001$ ).

Diversos estudios han mostrado que los niños de 3 años son capaces de hacer cambios en una tarea de clasificación mientras dicho cambio no involucre más de una dimensión, es decir, en vez de seguir clasificando las manzanas con las

manzanas y las peras con las peras, pueden cambiar y clasificar las manzanas con las peras y viceversa (Perner y Lang, 2002). Kloo et al. (2008) encontraron resultados similares usando las versiones regulares y versiones computarizadas. Una explicación ante este hallazgo es que en la condición de cambiar el criterio a otra dimensión los niños requieren de alguna manera reconceptualizar el objeto. Adicionalmente, del análisis de diferentes estudios con fRM se observa que la tarea que involucra una dimensión está asociada con la corteza orbitofrontal y las tareas que involucran el cambio de una dimensión a otra se relacionan a la CPF lateral (Kloo et al, 2008).

Respecto a la reconceptualización, se observa que si antes de clasificar las cartas se insta al niño a nombrar la característica relevante de la carta preguntándole ¿De qué color/forma es? (dependiendo del criterio en curso), casi el doble de niños de 3 años son capaces de hacer el cambio de criterio, en comparación con la versión estándar (Tows et al, 2000).

Müller et al. (2005) encontraron que en los niños de edad preescolar existe una relación robusta entre la tarea *DCCS* y tareas de *Falsa Creencia* que evalúan teoría de la mente, aún después de controlar los efectos de la edad y de vocabulario receptivo. Dichos autores sugieren que tal relación se debe a cierta flexibilidad representacional, lo cual en la tarea *DCCS* se refleja en el cambio de una dimensión a otra y en las tareas de *Falsa Creencia* en el cambio de una perspectiva cognitiva a otra. Esta proposición se desprende de la Teoría de Control y Complejidad Cognitiva, la cual establece que la emergencia de la habilidad para formular y usar estructuras de razonamiento complejo, tales como reglas lógicas del tipo *Si esto.. y si esto.. –Entonces aquello...*, se manifiesta en tareas de teoría de la mente y de funciones ejecutivas.

## MEMORIA DE TRABAJO

La adquisición y desarrollo de esta habilidad constituye un avance fundamental en la vida del individuo, pues le permite trascender el aquí y ahora a través de representaciones mentales, lo que a su vez implica una expansión de la vida mental. Diversos estudios han puesto en evidencia el gran progreso de esta capacidad durante la edad preescolar y su impacto en otras áreas del desarrollo cognoscitivo.

De manera más precisa, Luciana y Nelson (1998) evaluaron a niños de 4 a 8 años ( $n=181$ ) y a un pequeño grupo de adultos ( $n=24$ ) con una versión computarizada de los *Cubos de Corsi*, en la que los participantes deben señalar en orden inverso al indicado una serie de cubos. Observaron un efecto de la edad [ $F(6,191)= 54.06$ ,  $p<.000$ ] y una interacción de la edad con el sexo ( $F(6,191) = 2.88$ ,  $p < .05$ ): mientras los niños mantuvieron un lapso mayor de memoria visual a los 4, 6 y 7 años, las niñas tuvieron una mejor ejecución a los 5 y a los 8 años. Las comparaciones post hoc revelaron que los niños de 4 años mantenían un lapso menor de memoria que los niños de 5, 6, 7 y 8 años; los niños de 5 y 6 años mostraban una ejecución similar entre ellos pero menor de los niños de 7 y 8 años; los niños de 7 y 8 años no diferían entre sí, pero sí mostraban un lapso menor que los adultos jóvenes.

Carlson et al. (2005) evaluaron a niños de 3, 4 y 5 años ( $n=135$ ) en la tarea de *Dígitos en Regresión*: sólo el 9 % de los niños de 3 años podían repetir tres dígitos de modo inverso, porcentaje que ascendió a 37 para los niños de 4 años y a 69 para los de cinco ( $\chi^2(4, N = 136) = 25.67$ ,  $p<.001$ ).

En el estudio antes mencionado realizado por Liebermann et al. (2007) en niños de 3 a 5 años pudo observarse una correlación positiva y significativa entre la prueba de *Regresión de Dígitos* y la prueba de la *Falsa Creencia* (Teoría de la Mente), aún después de controlar el efecto de la habilidad verbal.

En el estudio realizado por Davidson et al. (2006), se evaluó a los mismos participantes (n=90, de 4 a 6 años) con una tarea de memoria de trabajo: la tarea de *Figuras Abstractas*. En la primer condición se les presentaba a los niños dos figuras abstractas diferentes ante las cuales debían oprimir uno u otro botón; en la segunda condición el número de reglas a mantener en mente ascendía a seis, de modo que debían presionar un botón determinado para cada una de las seis figuras. Hubo una mejora significativa respecto a la edad (4-6 años) en la precisión y disminución de respuestas anticipadas en ambas condiciones (dos reglas, precisión:  $F(1,88)=11.32, p<.001$ , Respuestas anticipadas: 4.88,  $p<.03$ ; seis reglas, precisión:  $F(1,88)=5.13, p<.03$ , Respuestas anticipadas:  $F(1,88)=12.75, p<.001$ ). La ejecución de esta prueba fue correlacionada con la ejecución en las tareas de inhibición mencionadas anteriormente. Después de controlar los efectos de la edad se encontró que en los niños de 4 a 6 años la correlación entre la prueba de las *Figuras* (inhibición) y entre la prueba de *Figuras Abstractas*-dos reglas (memoria de trabajo) era de .44 (precisión) y .65 (tiempo de reacción) ( $p<.01$ ). Por el otro lado, entre la prueba *Figuras* abstractas-seis reglas y la prueba de Flechas (inhibición) se observó una correlación de .24 y .43 (precisión y tiempo de reacción) ( $p<.01$ ).

Por lo tanto durante el periodo preescolar existe una mejora importante en la capacidad de memoria de trabajo la cual mantiene cierta relación con los procesos inhibitorios y de mentalización durante este periodo. Es posible que la capacidad inhibitoria sea precursor de la memoria de trabajo y ambos de los procesos de mentalización.

### *PLANEACIÓN*

Gracias a la incrementada capacidad de formar representaciones mentales y su manipulación, los niños en este periodo pueden adquirir otras habilidades más complejas como planear.

Luciana y Nelson (1998) evaluaron a niños de 4 a 8 años y a adultos jóvenes con la versión computarizada de la Torre de Londres, prueba que por estudios de PET se sabe que activa la CPDL izquierda y la corteza parietal bilateral. Esta prueba consiste en que el sujeto es presentado con tres postes en los que hay tres pelotas de diferente color y debe igualar el patrón de un modelo realizando la menor cantidad posible de movimientos. En este estudio se pusieron a prueba ensayos con diferentes niveles de dificultad en el que el número óptimo de movimientos difería de 2 a 5; se contaban el número extra de movimientos que había realizado el sujeto. Se encontró un efecto significativo de la edad [ $F(6,126)=4.67, p<.000$ ] sobre la ejecución de la tarea y el análisis post hoc reveló que para el nivel de 3 movimientos, sólo los niños de 4 años ejecutaban significativamente más movimientos que el resto de los participantes; adicionalmente no fueron capaces de alcanzar el nivel de 4 movimientos; cabe mencionar que sólo 16 de 30 niños de 4 años fueron evaluados ya que el resto no comprendió las instrucciones de la tarea. Para el nivel máximo de dificultad (5 movimientos) los niños de entre 5 y 8 años no difirieron entre sí.

En otro estudio se evaluaron a 49 niños de 3 y 4 años con diferentes tareas de planeación: la versión simplificada de la *Torre de Hanoi* -en la que los tres postes representan árboles, el disco grande representa el papá chango, el mediano la mamá changa y el pequeño el chango hijo; los niños deben igualar las piezas de sus postes a las del modelo sin dejar algún disco fuera de los postes, sin colocar un disco más grande encima de uno pequeño y sin mover más de un disco a la vez-, la *Carga del Camión* -en la que el niño debe colocar las invitaciones de una fiesta en el camión anticipando qué carta va a entregar primero y cuáles después, ya que sólo podrá tomar la carta que esté arriba y no podrá regresar a las casas anteriores - y la *Entrega de Gatitos*, -en la que el niño debe recoger a los gatitos, situados en lugares diferentes, realizando la ruta más corta posible para entregárselos a su mamá-. Se observaron diferencias significativas entre los niños de ambas edades sólo para la tarea de *Carga del Camión* ( $t(47)=2.35, p<.01$ ).

Adicionalmente, se encontró una correlación entre la ejecución de la *Carga del Camión* y la de la *Torre de Hanoi* ( $r=.41$ ,  $p<.01$ ); la ejecución en la *Entrega de Gatitos* no correlacionó significativamente con ninguna de las otras dos tareas. (Carlson et al, 2004)

Atance y Jackson (2009) aplicaron a la misma muestra de niños de 3, 4 y 5 años ( $n=72$ ) diferentes pruebas que evaluaban la orientación al futuro en diferentes dominios: la habilidad para proyectarse a sí mismos en una situación futura, con una tarea en la que se les daba a elegir uno entre tres objetos para llevar a cuatro diferentes escenarios (p/e. qué llevarían al desierto: agua, un regalo o un planta) y otra en la que se les preguntaba qué harían al día siguiente; planeación, con las tareas de la *Torre de Hanoi* y la *Carga del Camión*; memoria prospectiva, con una tarea en la que debían recordar recoger solamente las figuras de animales de entre un bloque con diversas figuras y otra en la que debían recordar al experimentador que les diera un juguete; y toma de decisiones con *Demora de la Gratificación*. Observaron un efecto significativo de la edad de acuerdo a los tres grupos para todas las tareas. Adicionalmente, después de controlar los efectos de la edad y del vocabulario encontraron una correlación positiva y significativa entre las dos pruebas de la habilidad para proyectarse a sí mismos en una situación futura, y entre los resultados de la pregunta de qué harían al día siguiente y la prueba en que tenían que recordar al experimentador que les diera el juguete ( $r=.38$ ,  $p<.01$ ;  $r=.29$ ,  $p<.05$  respectivamente). Sin embargo, no hubo relación alguna entre la ejecución en las tareas de planeación y en la habilidad para proyectarse a sí mismo en el futuro o en su memoria prospectiva, lo cual sugiere que estas tareas involucran procesos diferentes. No obstante, estos resultados muestran que los niños en edad preescolar incrementan su capacidad para orientarse al futuro en diversos contextos cognitivos, lo cual les permite ejecutar más eficientemente tareas de diversa índole.

## PERCEPCIÓN COSTO-BENEFICIO Y TOMA DE DECISIONES

Al estudiar las FE es notorio el énfasis que se ha puesto en las funciones “frías” es decir, aquellas que no involucran estados afectivos y que regularmente se asocian a las áreas dorsolaterales de la CPF. No obstante, en nuestra vida cotidiana pocas situaciones carecen de un valor motivacional. La carga emocional que involucra un proceso está relacionada y permanece fundamental en nuestras relaciones sociales, toma de decisiones y autocontrol.

En un mundo social complejo como el que vivimos, cuando tomamos una decisión es necesario que podamos considerar los eventos relevantes del pasado, monitorear nuestro medio actual y hacer predicciones sobre futuras posibilidades. (Garon y Moore, 2004)

Uno de los paradigmas más utilizados para evaluar la autorregulación emocional es el de la *Demora de la Gratificación* desarrollado por Mischel (1974); en éste el niño se ve en una situación de conflicto pues debe decidir si escoge una recompensa pequeña inmediata o una recompensa más deseable si espera. Este tipo de decisiones que se orientan al futuro requieren una habilidad para imaginar y lidiar con deseos sobre resultados futuros.

Se ha observado que los niños de 3 años son generalmente incapaces de postergar la recompensa más deseable, mientras que los niños de 4 y de 5 años pueden hacerlo (Thompson et al, 1997; Atance y Jackson, 2009). El mismo patrón se observa para una versión alterna del paradigma en la que los niños deben escoger entre una recompensa inmediata o una recompensa compartida con el experimentador (Thompson et al, 1997). No obstante, Carlson et al. (2005) no encontraron diferencias significativas entre la elección de los niños de 3 años y los de 4 años en la versión clásica.

Prencipe y Zelazo (2005) utilizaron este paradigma en dos condiciones: en una el niño debía decidir para sí mismo si quería una recompensa pequeña inmediata o una recompensa grande postergada, condición que involucra fuertes estados motivacionales. En la otra condición, el niño debía decidir qué es lo que le convenía más al experimentador; situación que no involucraba tanto los estados afectivos del niño. Se observó que los niños de 3 años generalmente escogían la recompensa pequeña para sí mismos, pero en la segunda condición aconsejaban al experimentador que esperara para tener una recompensa mayor. Una vez más, este resultado nos indica que los niños son cognitivamente capaces de realizar una valoración adecuada, pero la carga afectiva obstaculiza este proceso.

Por otro lado, uno de los paradigmas más utilizados para evaluar la percepción costo-beneficio en adultos y que ha resultado sensible para detectar disfunciones en la zona orbitofrontal, es el de *Las Cartas de Iowa*, en la que el sujeto debe hacer elecciones de entre 4 bloques de cartas, dos de los cuales brindan recompensas inmediatas grandes y los restantes recompensas inmediatas pequeñas; no obstante, las cartas que dan una mayor recompensa inmediata presentan mayor valor y frecuencia de castigos de modo que las cartas más ventajosas son las de menor recompensa inmediata. Kerr y Zelazo (2004) adaptaron esta prueba para niños en edad preescolar, el *Juego de la Apuesta*, en la que sólo había dos bloques de cartas, las cuales mostraban caras felices y tristes para representar recompensas y castigos y en este caso el participante apostaba dulces a través de 50 elecciones. El bloque que daba más recompensas inmediatas (2 dulces) era el que correspondía con mayor frecuencia de castigos y de mayor valor (pérdida de 4, 5 ó 6 dulces cada dos elecciones), mientras que las cartas que daban recompensa de un dulce presentaban un castigo menor (la pérdida de un dulce cada cuatro elecciones). Encontraron que los niños de cuatro años hacían más elecciones ventajosas que lo esperado por el azar mientras que los niños de tres años hacían más elecciones desventajosas que lo esperado por el azar y la diferencia entre ellos era significativa [ $F(1, 44)=5.5$   $p<.05$ ]. Además, los niños de 4 años mostraron un aumento en su elección de cartas ventajosas

conforme iba avanzando la prueba. Adicionalmente, aunque no encontraron un efecto general de acuerdo al sexo, sólo los niños de 3 años hacían más elecciones ventajosas en los últimos ensayos que las niñas de la misma edad [ $F(1,23)=2.12$ ;  $p=.16$ ; Cohen's  $d=.59$ ].

Garon y Moore (2004) utilizaron una versión alterna de esta tarea en la que 69 niños de 3, 4 y 6 años tenían que elegir entre 4 bloques de cartas, dos de los cuales eran los ventajosos a largo plazo. Las cartas ventajosas tenían el dibujo de un oso, que representaba la ganancia de un dulce, y sus castigos eran de 1 y 2 tigres, (pérdidas de dulces), mientras que las cartas desventajosas presentaban dos osos y castigos de 6, 7 y 13 tigres. Adicionalmente les aplicaron a los niños un cuestionario para evaluar su nivel de conciencia sobre cuáles eran las mejores cartas. Se observó que independientemente de la edad, las niñas escogían cartas más ventajosas en los últimos ensayos [ $F(1,67)=11.95$ ,  $p<.01$ ]. Asimismo aunque no hubo un efecto de la edad sobre la elección de las cartas, sí hubo un efecto de este factor sobre la conciencia de los niños sobre cuáles eran las mejores cartas, mostrando que los tres grupos diferían al respecto, teniendo una mayor conciencia los niños más grandes [ $F(2,63)=10.19$ ,  $p<.001$ ].

Por lo visto, los niños de tres años no han desarrollado aún el proceso de toma de decisiones a partir de la percepción costo-beneficio; sin embargo, no resulta determinante que en los niños de 4 años ya haya progresado esta capacidad.

### *TEORÍA DE LA MENTE*

Como se mencionó en el primer capítulo, la capacidad para formar representaciones mentales dota al individuo de la habilidad para imaginar estados mentales y emocionales sobre sí mismo y sobre otros dada cierta situación. A pesar de que los niños son capaces de mostrar empatía desde edades muy tempranas, lo que implica un conocimiento de las emociones del otro, la capacidad para abstraer el pensamiento y estado afectivo de alguien más a partir de cierta

información sin que la situación esté de hecho ocurriendo requiere de procesos complejos.

Existen algunas aproximaciones que ligan el desarrollo de la Teoría de la Mente con el de las decisiones orientadas al futuro durante la edad preescolar. La base de esto es que ocurre una transición entre los 3 y 4 años, en la que el niño desarrolla un sistema conceptual para representar estados mentales lo que incluye entender estados mentales de uno mismo y de otros (Gopnik, 1993; Perner, 1991). El niño es capaz entonces de simular situaciones hipotéticas que involucran dichos estados mentales (Harris, 1991). Asimismo, hay evidencia de que la capacidad de recordar nuestros estados mentales pasados se adquiere en esta edad (Nelson, 1992; Perner, 1992). No obstante, existe una diferencia entre la habilidad de entender deseos y la habilidad de entender creencias: los niños de 3 años presentan dificultad para reportar creencias pasadas pero se les dificulta menos recordar deseos anteriores, mientras que los niños de 4 años generalmente pueden recordar diversos tipos de representaciones mentales (Gopnik y Slaughter, 1991).

Las llamadas tareas de *Falsa Creencia* han sido muy utilizadas para evaluar la capacidad del niño en edad preescolar para crear una teoría de la mente. En éstas se confronta una situación real con el estado mental de otra persona, el cual consiste en una creencia falsa por la falta de información. En la tarea de *Falsa Creencia de Lugar*, Beto deja su pelota en la caja azul y se va, llega Enrique, toma la pelota y la cambia de lugar a la caja roja; el niño debe decidir dónde buscará la pelota Beto cuando regrese. Por el otro lado, en la tarea de *Falsa Creencia de Contenido* se le muestra al niño una caja de crayolas y se le pregunta lo que cree que hay adentro, después se le muestra que hay algo que no son crayolas (como estampas por ejemplo); se le confronta con su estado mental anterior *¿Qué crees que hay ahora y qué creías al principio?* y se le pregunta *Si viene tu amigo y le preguntamos qué cree que hay adentro ¿qué responderá?*

Ambas tareas fueron evaluadas en un estudio con 49 niños de 3 y 4 años junto con otra tarea de teoría de la mente *Apariencia/Realidad*, en la que el niño confronta la apariencia y realidad de una esponja que parece roca y un castillo rojo que parece verde a través de un filtro. La ejecución de estas tareas estaba significativamente correlacionada con la edad en meses ( $r=.40$ , *Falsa Creencia*;  $r=.42$ , *Apariencia-Realidad*;  $p<.01$ ) aunque por grupos de 3 y 4 años, sólo hubo diferencias significativas para la tarea de *Apariencia/Realidad* ( $t(46)=2.22$ ,  $p<.05$ ). (Carlson et al, 2004). Sin embargo, a través de un estudio de meta-análisis se observó que existe un patrón de desarrollo durante la edad preescolar a pesar de las variaciones en las tareas de *Falsa Creencia* de un estudio a otro (Wellman et al., 2001).

En cuanto a la relación entre teoría de la mente y otras funciones ejecutivas, se encontró a los 4 años una correlación y una mejoría simultánea, lo que podría estar ligado a la maduración de la sustancia blanca frontal del hemisferio derecho (Perner y Lang, 1999).

En otra investigación, Carlson y Moses (2001) aplicaron a niños en edad preescolar diez pruebas de control Inhibitorio (que involucraban la supresión de una respuesta dominante y la ejecución de otra y otras que involucraban la postergación de respuesta) y cuatro tareas de teoría de la mente. Encontraron que ambas baterías estaban fuertemente relacionadas ( $r=.66$ ) controlando el factor edad, capacidad intelectual verbal y no verbal. Hughes (1998) encontró una relación entre memoria de trabajo, inhibición de respuestas y teoría de la mente; sin embargo, después de controlar el factor de edad, solamente la relación entre inhibición y teoría de la mente permaneció significativa.

Razza y Blair (2009) también encontraron una correlación positiva y significativa ( $r=.31$ ) entre una batería de Teoría de la Mente, que consistía en cuatro pruebas de *Falsa Creencia*, y la tarea *Peg-Tapping* para evaluar inhibición, después de

controlar la habilidad verbal. La muestra estaba conformada por niños de bajos recursos del mismo grado escolar con una media de de 5.2 años.

Por otro lado, Bischof-Kohler et al. (1998) encontraron que la capacidad de planeación (escoger de un grupo de cosas cuáles necesitaría el niño para ir al supermercado) estaba correlacionada significativamente con la ejecución en las tareas de *Falsa Creencia*; sin embargo en este estudio no se controlaron los efectos de edad. En un estudio posterior se evaluó el control inhibitorio (con las pruebas *Oso/Dragón*, *Susurro* y *Demora del Regalo*), la teoría de la mente (con tareas de *Falsa Creencia* y una de *Apariencia-Realidad*) y planeación (con las pruebas de *Carga del Camión*, *Entrega de Gatitos* y la *Torre de Hanoi*). Después de controlar el efecto de la edad, se observó que sólo la correlación entre el compuesto de teoría de la mente y dos tareas de control inhibitorio de conflicto (*Oso/Dragón* y *Susurro*) fue significativa ( $r=.32$ ;  $r=.34$ ;  $p<.05$ ). Estas tareas también resultaron predictores significativos de la ejecución en tareas de la teoría de la mente ( $\beta s=.32$  y  $.31$ ;  $t_s(5,37)=2.41$  y  $2.63$ ;  $p_s<.025$  y  $.015$ ), mientras que las tareas de planeación y la tarea de control inhibitorio de espera no lo fueron. (Carlson et al, 2004).

Por lo tanto, además de que el niño en esta edad muestra una mejora en su capacidad para representar los estados mentales de otros, la capacidad inhibitoria está relacionada a este proceso; ya sea que compartan operaciones subyacentes o que es necesario inhibir información, de una perspectiva propia o real, para poder identificar lo que sucede con el estado del otro.

Tomando como base el modelo del cerebro adulto (derivado de estudios neuropsicológicos y de neuroimagen) se establece a continuación una asociación entre las tareas analizadas, los procesos y los subyacentes anatómicos, bajo la reserva de que el cerebro del niño es aún inmaduro y pueda no haber alcanzado la misma organización funcional que la del adulto.

Área (CPF)	Proceso	Tareas
CORTEZA DORSOLATERAL	Flexibilidad	<i>Dimensional Change Card Sort; DCCS</i>
	Memoria de Trabajo	Cubos de Corsi Regresión de Dígitos Figuras Abstractas
	Planeación	Carga de Camión Entrega de Gatitos Torre de Hanoi
	Inhibición de respuestas (Tareas <i>Go/no go</i> ) y Stroop*	Oso – Dragón / Ángel – Diablo Stroop Día-Noche Peg Tapping Figuras Puntos Flechas
CORTEZA FRONTOMEDIAL.	Teoría de la Mente	Falsa Creencia Apariencia-Realidad
	Inhibición- (detección de errores en tareas <i>Go/no go</i> ) y autoregulación	Demora del Regalo ** Regalo Inesperado** Less is More ** Susurro **
CORTEZA ORBITOFRONTAL	Percepción costo-beneficio / Toma de Decisiones	Demora de la Gratificación Juego de la Apuesta
	Inhibición afectivo-conductual	Demora del Regalo Regalo Inesperado Less is More Susurro

\*Estas tareas también involucran en gran medida la corteza del cíngulo (Leung et al., 2000; Casey et al. 1997).

\*\*Estas pruebas aparecen en dos apartados, ya que ambas áreas de la CPF han sido asociadas a procesos inhibitorios con carga afectiva y /o ligados a la autorregulación. (Fuster, 2002; Shallice, 2001)

A partir de la presente revisión se observa que el conjunto de cambios que ocurren en esta etapa son de gran trascendencia en el desarrollo del individuo y que el conocimiento sobre la evolución de estos procesos y la relación entre ellos provee herramientas para la formulación de hipótesis y teorías sobre la constitución y procesamiento de las funciones ejecutivas, así como su relación con otros constructos cognoscitivos y afectivos.

## IV.- METODOLOGÍA

### **Justificación**

Actualmente dentro del campo de la neuropsicología se reconoce la importancia de los lóbulos frontales y las funciones ejecutivas. Sin embargo, relativamente poco sabemos sobre su desarrollo ontológico.

Se considera importante investigar las funciones ejecutivas desde el punto de vista evolutivo, ya que la habilidad para tomar decisiones, jerarquizar, planificar, automonitorear, la capacidad de adaptarse a nuevas situaciones y la autorregulación del afecto son funciones primordiales para un adecuado desempeño del individuo en su medio repercutiendo en su calidad de vida.

El tener un conocimiento sólido y amplio sobre el desarrollo normal de las funciones ejecutivas en infantes puede resultar en el desarrollo de técnicas de diagnóstico temprano de patologías, dando paso a intervenciones oportunas, beneficiándose de una mayor plasticidad cerebral, ya sea para problemas de índole cognitivo o conductual. Particularmente, el diagnóstico temprano de daño cerebral resulta primordial si consideramos que durante el desarrollo la pérdida de funciones presentes implica una dificultad para adquirir las funciones futuras; el impacto sobre las habilidades cognitivo-conductuales dependerá, entre otros factores, del grado de desarrollo que hasta el momento hayan tenido tales procesos (Capilla, 2004).

Por otro lado, en el campo psicoeducativo, el foco de evaluación han sido habilidades cognoscitivas tales como lenguaje, atención, motricidad y manejo visoespacial, dejando a un lado las funciones ejecutivas que permiten a un individuo organizar su comportamiento y optimizarlo. Un mayor conocimiento de las FE puede resultar en la obtención de herramientas útiles y desembocar en la creación de programas curriculares tanto de educación especial como de educación regular

para obtener un provecho máximo en pro del desarrollo cognoscitivo, emocional y social.

Existe cierta asociación entre un grado bajo de funciones ejecutivas y desórdenes mentales, tales como adicciones, trastornos obsesivos-compulsivos, déficit de atención e hiperactividad, depresión y esquizofrenia (Diamond, 2007). Aunque tal asociación no implica una relación causa-efecto, puede sugerir que un mejor desarrollo de las funciones ejecutivas podría resultar un factor protector o al menos una herramienta para lidiar con una parte de la problemática, dependiendo del trastorno.

Además, un bajo nivel en el desarrollo de las funciones ejecutivas, no solamente resulta en una afectación a la calidad de vida del individuo sino que también tiene un impacto social; el costo de un pobre autocontrol se refleja en problemas tales como criminalidad o baja productividad.

Con el presente estudio se pretende lograr una perspectiva amplia sobre el curso evolutivo de las FE durante la edad preescolar. Además de observar el patrón de desarrollo, se busca analizar el efecto del sexo, poco estudiado en investigaciones análogas; la relación de FE con inteligencia y lenguaje, para explorar la posible influencia que éste tenga sobre la emergencia y desarrollo de las FE y para explorar con qué tipo de inteligencia se relacionan las FE; y si las diferentes FE pueden ser agrupados por factores, lo que es importante, pues el tipo de organización de estos procesos puede guiar el desarrollo de los programas de intervención.

## ***Preguntas de Investigación***

¿Cuál es el curso de evolución de las funciones ejecutivas estudiadas a lo largo de la etapa preescolar?

¿El curso evolutivo de las diferentes funciones sigue el mismo patrón en niñas y en niños?

¿Qué relación existe entre las funciones estudiadas durante el curso evolutivo?

¿Existe alguna relación entre el desarrollo de las funciones ejecutivas y el desarrollo de la inteligencia y el lenguaje?

## **Objetivo General**

Contribuir a ampliar el conocimiento que se tiene sobre el curso de desarrollo de funciones ejecutivas en niños en edad preescolar.

## **Objetivos Específicos**

1. Identificar las características del curso de desarrollo de las FE durante la edad preescolar.
2. Explorar si existen diferencias en el desarrollo de las FE por efecto del sexo.
3. Explorar si las diferentes FE se agrupan en factores subyacentes.
4. Indagar la relación entre las FE, la inteligencia y el lenguaje.

## ***Hipótesis***

Ho= No existen diferencias significativas en la ejecución de alguna o algunas de las pruebas de funciones ejecutivas entre los diferentes grupos de edad.

H1= Existen diferencias significativas en la ejecución de alguna o algunas de las pruebas de funciones ejecutivas entre los diferentes grupos de edad.

Ho= No existe ninguna diferencia significativa en la ejecución de las pruebas de funciones ejecutivas respecto al sexo de los sujetos.

H2= Existen diferencias significativas en la ejecución de las pruebas de funciones ejecutivas respecto al sexo de los sujetos.

Ho= No es posible agrupar las pruebas en factores de acuerdo a la relación entre ellas.

H3= Es posible agrupar las pruebas en factores de acuerdo a la relación entre ellas.

Ho= No existe relación alguna entre la ejecución de las pruebas de funciones ejecutivas y el Índice General Cognitivo, ni con el índice Verbal de la *Escala McCarthy de aptitudes y psicomotricidad para niños*.

H4= Existe relación entre la ejecución de las pruebas de funciones ejecutivas y el Índice General Cognitivo, y/o con el Índice Verbal de la *Escala McCarthy de aptitudes y psicomotricidad para niños*.

### **Variables**

*Variables organísmicas.*

Se dividió a la muestra en grupos bajo el criterio de edad por medios años.

*Edad:* a) 3.0 a 3.4 años (36 a 42 meses); b) 3.5 a 3.9 años (43 a 48 meses); c) 4.0 a 4.4 años (49 a 54 meses); d) 4.5 a 4.9 años (55 a 60 meses); e) 5.0 a 5.4 años (61 a 66 meses); f) 5.5 a 5.9 años (67 a 72 meses); g) 6.0 a 6.4 años (73 a 78 meses).

*Sexo:* Femenino o Masculino.

*Variables dependientes*

Ejecución en las pruebas de la Batería de Funciones Ejecutivas-Preescolar y en la *Escala McCarthy de aptitudes y psicomotricidad para niños*.

### **Tipo de estudio y diseño**

- Diseño: No experimental y correlacional.
- Estudio: Transversal descriptivo.

### **Muestra**

Se evaluaron 202 niños (118 niñas y 84 niños) de 3 a 6.4 años (36 a 78 meses) que constituyen la población preescolar del colegio La Florida, de los cuales se excluyeron cuatro del análisis dado que presentaron algún criterio de exclusión (n=2), porque se rehusaron a participar adecuadamente (n=1) o porque no contaron con un nivel de vocabulario requerido para la ejecución de las pruebas (n=1).

El colegio La Florida es una institución privada, bilingüe y religiosa (católica) localizada en la Col. Nápoles de la Cd. de México (zona poniente).

Criterios de exclusión:

- Presentar alguna alteración neurológica y/o psiquiátrica.
- Antecedentes de traumatismos craneoencefálicos con pérdida de la conciencia.
- Alteraciones visuales y auditivas no corregidas.
- Antecedentes de alteraciones neurológicas y/o psiquiátricas.

## Instrumentos psicológicos

- *BATERÍA DE FUNCIONES EJECUTIVAS – PREESCOLAR*

ÁREA	PROCESO	TAREA
CORTEZA PREFRONTAL DORSOLATERAL	Inhibición (Go No Go/Stroop)	Ángel-Diablo; Stroop Día-Noche; Puño-Dedo
	Memoria de Trabajo	Cubos de Corsi; Repartiendo Leche; Dígitos en Regresión
	Flexibilidad	Clasificación de Cartas I; Clasificación de Cartas II; Cajones
	Planeación	Laberintos; Cartero
CORTEZA FRONTOMEDIAL	Inhibición (Autorregulación)	Demora del Regalo
	Teoría de la Mente	Falsa Creencia
CORTEZA ORBITOFRONTAL	Toma de Decisiones / Percepción Costo-Beneficio	Demora de la Gratificación; Juego de la Apuesta

### INHIBICIÓN DE RESPUESTAS.

- *Ángel-Diablo*. La tarea consiste en que el niño siga las instrucciones del personaje Ángel e ignore las del personaje Diablo durante una serie de ensayos.
- *Stroop Día-Noche*. Se le explica que cuando se le muestre la tarjeta con el sol el debe contestar “noche” y cuando se le presente la tarjeta con la luna debe contestar “día”.
- *Puño-dedo*. Se indica al participante que cuando el experimentador muestre el puño, él deberá mostrar el índice y viceversa.
- *Demora del regalo*. Se explica al niño que le llevamos un regalo y que olvidamos envolverlo, por lo que mientras lo hacemos deberá sentarse frente a la pared para

que cuando esté listo, éste sea una gran sorpresa. Se evalúa si el niño voltea para ver el regalo.

## FLEXIBILIDAD

- *Clasificación de Cartas I.* En esta tarea el niño debe clasificar correctamente sobre dos cartas base diversos ítems respecto a tres criterios que el experimentador indica (color, forma y tamaño). El objetivo de la prueba es evaluar la flexibilidad del niño a través de su capacidad para cambiar su patrón de clasificación.

- *Clasificación de Cartas II.* Esta prueba es una adaptación de las cartas de Wisconsin para evaluar flexibilidad en adultos. En esta versión, se muestran las cartas base de la prueba anterior y se le menciona al niño que él/ella deberá descubrir cuál es el criterio de clasificación correcto, para lo que el experimentador le dirá en cada ensayo si lo hizo de manera adecuada o no; en caso de que el niño logre seis aciertos consecutivos se le indica que el criterio cambiará sin mencionarle cuál será el nuevo. Las treinta cartas a clasificar combinan los tres criterios.

- *Cajones.* Se indica al niño que deberá descubrir en cuál de tres cajones está escondido un dulce. El objetivo es evaluar la flexibilidad del niño para cambiar el patrón de búsqueda.

## MEMORIA DE TRABAJO

- *Repartiendo leche.* El objetivo es evaluar la memoria de trabajo intermodal (verbal y visoespacial), a través de un juego en el que el personaje de la Vaca recoge las botellas de leche de diferentes personajes.

- *Cubos de Corsi.* Esta prueba evalúa memoria de trabajo visoespacial y consiste en que el niño debe de señalar una serie de cubos en el orden inverso al del señalado por el experimentador.

- *Dígitos en regresión.* Esta prueba evalúa memoria de trabajo fonológica. La instrucción para el niño es que debe repetir en orden inverso los dígitos mencionados por el experimentador.

## PLANEACIÓN

-*Laberintos*. Se presentan al niño, uno por uno, ocho laberintos de dificultad creciente. En los primeros laberintos se le señala que no puede atravesar las paredes, tocarlas o meterse a un camino sin salida.

- *Cartero*. En esta prueba el objetivo del niño es repartir las invitaciones para una fiesta a las casas que se encuentran a lo largo de una calle. El niño deberá acomodar las invitaciones en un camión anticipando el orden de entrega de las invitaciones para poderlas entregar de manera eficaz.

## TEORÍA DE LA MENTE

-*Falsa Creencia de Contenido*. El objetivo es evaluar si el niño puede formular una teoría de la mente de otra persona en base a la información que tenga de una creencia falsa inicial y la creencia de realidad: se le pregunta al niño que pensará su mamá que hay dentro de una caja de crayolas, donde él sabe que sólo hay una goma.

-*Falsa Creencia de Lugar*. Se evalúa si el niño puede anticipar el comportamiento de Angelito (en base al pensamiento e información que este tenga) quien tiene una falsa creencia (creer que la pelota está en la caja azul porque ahí la dejo), cuando el niño sabe que la pelota ha sido cambiada de lugar por Diablito.

## TOMA DE DECISIONES

-*Demora de la Gratificación*. Se exponen dos vasos ante el niño, uno con una pequeña recompensa y otro con una recompensa mayor; se le explica que puede obtener el vaso con la recompensa pequeña en ese momento, pero si espera un rato puede obtener el vaso de la recompensa mayor.

- *Juego de la Apuesta*. El niño debe hacer una serie de elecciones de entre dos bloques de cartas, uno de los cuales le da una recompensa pequeña (un dulce) y otro una recompensa mayor (dos dulces). Por cada elección, el experimentador descubrirá una carta de un bloque correspondiente. El bloque de la recompensa

mayor corresponde con un bloque de mayor frecuencia y valor de los castigos, los cuales son pérdidas de dulces. De este modo, aunque el bloque de dos dulces da una mayor recompensa inmediata, resulta desventajoso a largo plazo. También se evalúa el grado de conciencia adquirido sobre la prueba por la pregunta: *¿Cuáles eran las mejores cartas?*

- **INTELIGENCIA Y VOCABULARIO.**

- *Escala McCarthy de aptitudes y psicomotricidad para niños (MSCA)* (McCarthy, 1991) Esta prueba está conformada por 18 tareas que se agrupan en cinco escalas (Verbal, Perceptivo-manipulativo, Cuantitativo, Memoria y Motricidad). Para evaluar la Inteligencia y el Vocabulario se considerará el Índice General Cognitivo<sup>2</sup> (compuesto por las escalas Verbal, Cuantitativo y Memoria) y la escala Verbal.

### **Escenario**

Las pruebas de ejecución se aplicaron individualmente en un aula de la escuela, libre de ruido y de otras posibles distracciones.

### **Procedimiento**

Se envió una carta para solicitar el consentimiento de padres o tutores junto con la forma de criterios de exclusión para que los niños pudieran participar en la investigación.

Para evitar el efecto de fatiga y disminución de procesos atencionales en los niños a los que se les aplicó la *Batería de Funciones Ejecutivas Preescolar* y la *Escala McCarthy de aptitudes y psicomotricidad para niños*, se optó por aplicarlas en dos sesiones.

Primero se evaluaron a los niños de manera individual con las pruebas de la *Batería de Funciones Ejecutivas - Preescolar* en el siguiente orden:

---

<sup>2</sup> Aunque la Escala en su totalidad tiene como fin evaluar el desarrollo en diferentes aspectos, este Índice permite evaluar el nivel intelectual del sujeto.

1) Ángel-Diablo; 2) Repartiendo Leche; 3) Cubos de Corsi; 4) Stroop Día-Noche; 5) Clasificación (I); 6) Clasificación (II); 7) Dígitos en regresión; 8) Demora de la Gratificación; 9) El Cartero; 10) Cajones; 11) Puño-Dedo; 12) Falsa Creencia Contenido; 13) Falsa Creencia Lugar; 14) El Juego de la Apuesta; 15) Laberintos; 16) Absurdos; 17) Demora del Regalo.

Esta secuencia fue establecida considerando la facilidad y tipo de proceso que evalúa cada tarea. El tiempo aproximado de aplicación fue de 1 hora.

Al terminar la aplicación de todos los niños, se procedió a evaluar individualmente a una submuestra (58 niños de 48 a 65 meses) con la *Escala McCarthy de aptitudes y psicomotricidad para niños*. El tiempo de aplicación de esta prueba también fue de 1 hora aproximadamente.

Los resultados obtenidos fueron capturados y analizados con el paquete estadístico SPSS 12.0. Para analizar el efecto de la edad se utilizaron las pruebas estadísticas ANOVA (para variables intervalares) y Chi cuadrada (para variables nominales). Asimismo, se utilizó la correlación de Pearson para analizar la relación entre tiempo y precisión en la ejecución de la prueba *Stroop Día Noche* y la Correlación de Spearman para analizar la relación entre la ejecución y el nivel de conciencia de la prueba en el *Juego de la Apuesta*. Para analizar las diferencias respecto al sexo, se utilizó la prueba t de student; se realizó un análisis factorial para explorar si las tareas se agrupaban en factores subyacentes. Por último, para explorar la relación entre FE e inteligencia y lenguaje se aplicó la correlación de Pearson, entre las tareas de la *Escala McCarthy de aptitudes y psicomotricidad para niños* y las tareas de FE.

### **Consideraciones éticas**

Se solicitó el consentimiento de los padres o tutores en una carta donde se les informó sobre los principales objetivos de la investigación. Adicionalmente recibieron un informe individual sobre el nivel de ejecución de sus hijos.

## V. RESULTADOS

Tabla 1. Se exhibe el tamaño de la muestra total, de cada grupo (por edad en medios años) y cada subgrupo (niños/niñas).

Grupo	I	II	III	IV	V	VI	VII	Muestra Total
Edad en años	<b>3 a 3.4</b> (36-42 meses)	<b>3.5 a 3.9</b> (43-48 meses)	<b>4 a 4.4</b> (49-54 meses)	<b>4.5 a 4.9</b> (55-60 meses)	<b>5 a 5.4</b> (61-66 meses)	<b>5.5 a 5.9</b> (67-72 meses)	<b>6 a 6.4</b> (73-78 meses)	<b>3 a 6.4</b> (36-78 meses)
Niñas/ Niños	13/14	12/10	16/09	18/12	18/15	26/13	12/10	115/83
Total	27	22	25	30	33	39	22	198

### EFECTO DE LA EDAD

Para determinar el efecto de edad sobre la ejecución de las diferentes pruebas, se utilizó la prueba estadística ANOVA con análisis Post Hoc (técnica de Tukey), a excepción de las pruebas *Demora de la Gratificación*, *Falsa Creencia* y la pregunta cualitativa del *Juego de la Apuesta*, en cuyo caso se utilizó la prueba Chi cuadrada.

### INHIBICIÓN DE RESPUESTAS

#### ÁNGEL – DIABLO

En la prueba *Ángel-Diablo* se analizó la suma de errores parciales (ejecución parcial de un movimiento ante la orden de Diablito, o bien que realizara un movimiento diferente ante cualquier orden), de errores totales (que el niño ejecutara la orden de Diablito o ignorara la orden de Angelito), el puntaje Diablo y

Ángel (la suma de errores totales y parciales para cada uno respectivamente) y el Puntaje Total (suma de errores parciales y totales de Ángel y Diablo).

No se encontró un efecto significativo de la edad para la suma de errores parciales ni para el puntaje Ángel, pero sí para la suma total de errores, para el Puntaje Diablo y para el Puntaje Total:

Tabla 2. ÁNGEL DIABLO.

Ángel-Diablo	EDAD EN AÑOS								F	Post Hoc
	$\bar{x}(\sigma)$									
	I 3.31 (.1)	II 3.8 (.1)	III 4.3 (.1)	IV 4.8 (.1)	V 5.3 (.1)	VI 5.7 (.1)	VII 6.3 (.2)	TOTAL 4.7 (1)		
Suma de errores	7.33 (5.2)	5.91 (5.6)	3.12 (4.7)	1.33 (3.8)	.36 (1.2)	.72 (1.8)	.36 (1.1)	2.49 (4.4)	16.1**	I=II I≠III,IV,V,VI y VII II=III II≠IV,V,VI y VII III=IV,V,VI y VII IV=V=VI=VII
Puntaje Diablo	7.11 (5.2)	5.77 (5.3)	3.12 (4.8)	1.10 (2.9)	.45 (1.2)	.56 (1.2)	.55 (1.3)	2.42 (4.2)	17.3**	I=II I≠III,IV,V,VI y VII II=III II≠IV,V,VI y VII III=IV,V,VI y VII IV=V=VI=VII
Puntaje Total	7.44 (5.2)	6.14 (5.45)	3.32 (4.7)	1.57 (3.9)	.52 (1.3)	.82 (1.8)	.59 (1.3)	2.67 (4.4)	16.2**	I=II I≠III,IV,V,VI y VII II=III II≠IV,V,VI y VII III=IV,V,VI y VII IV=V=VI=VII

\*\* Significancia < .01

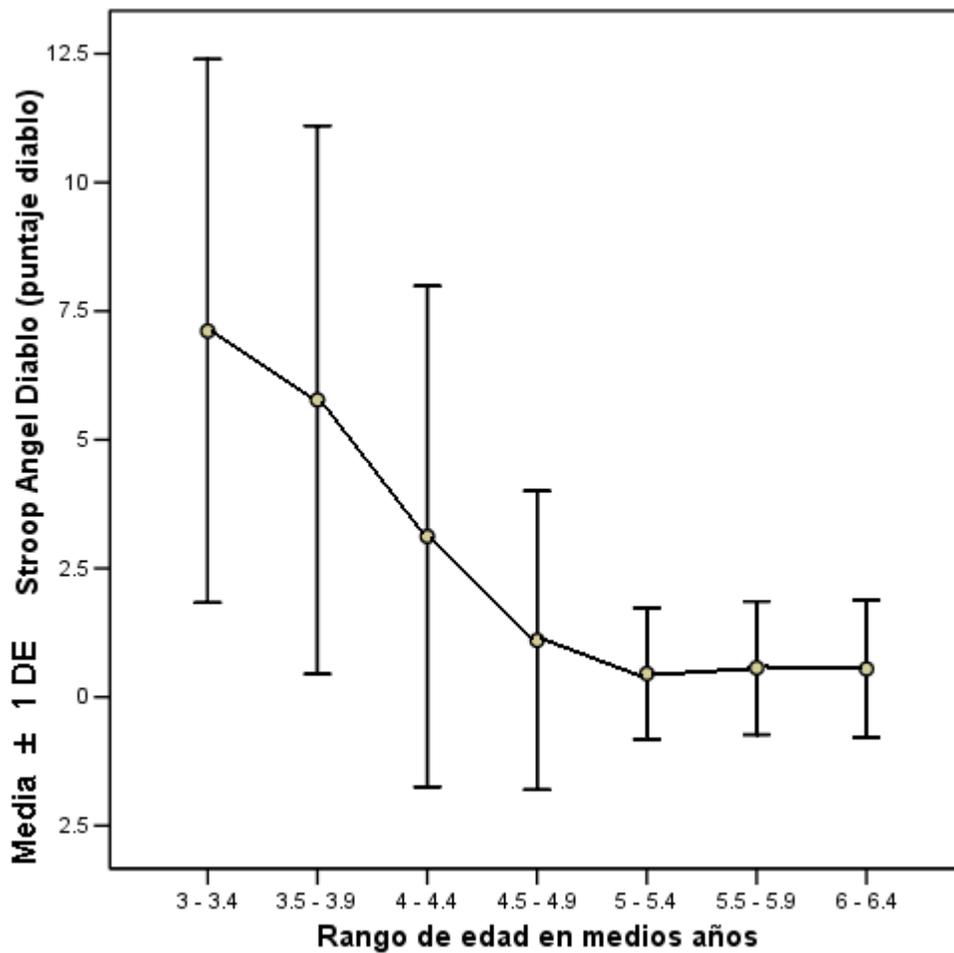
En el análisis Post Hoc (Tukey) se observó el mismo patrón para la *Suma de errores*, el *Puntaje Diablo* y el *Puntaje Total*:

Los niños más jóvenes (3-3.4) no difieren significativamente de los niños de 3.5-3.9 pero sí de todos los demás grupos.

Los niños de 3.5 – 3.9 años no presentan una ejecución significativamente diferente de los niños de 4- 4.4, pero sí del resto de los grupos.

Los niños de 4 – 4.4 años sólo difieren significativamente de los niños más jóvenes (3 – 3.4).

Todos los grupos de niños a partir de los 4.5 años, sólo muestran una diferencia significativa con los de niños de 3 a 4 años (no muestran diferencias entre sí, ni con los de 4 -4.4).



GRÁFICA 1. Ejecución en Ángel-Diablo (puntaje diablo) por medios años.

## **STROOP DÍA-NOCHE**

Para esta prueba se consideró el número total de aciertos, el tiempo invertido en la ejecución de la prueba, la cantidad de aciertos en los primeros cuatro ensayos y en los últimos cuatro, así como intrusiones (la mención de una palabra diferente a día o noche, incluso si era sol o luna).

Tabla 3. STROOP DÍA-NOCHE.

Stroop Día-Noche	EDAD EN AÑOS								F	Post Hoc
	$\bar{x}(\sigma)$									
	I 3.31 (.1)	II 3.8(.1)	III 4.3 (.1)	IV 4.8(.1)	V 5.3(.1)	VI 5.7(.1)	VII 6.3(.2)	Total 4.7 (1)		
Aciertos	9.59 (6.3)	9.64 (4.6)	10.44 (4.6)	13.60 (2.3)	13.73 (1.7)	12.54 (4.7)	14.82 (1.5)	12.16 (4.4)	6.9**	I = II = III III = IV I y II ≠ IV, V y VII III ≠ V y VII IV = V = VI = VII VI = I, II, III, IV, V y VII
Primeros cuatro ensayos	3.21 (1.1)	3.10 (1.2)	2.87 (.9)	3.67 (.5)	3.50 (.7)	3.38 (.9)	3.75 (.5)	3.37 (.9)	2.6 *	III ≠ IV III ≠ VII I = II = III = V = VI IV = I = II = V = VI = VII VII = I = II = IV = V = VI
Últimos cuatro ensayos	2.30 (1.4)	1.65 (1.4)	2.54 (1.5)	3.32 (1.0)	3.34 (.9)	3.36 (.9)	3.55 (.7)	2.94 (1.3)	8.3**	I = II = III I y II ≠ IV, V, VI y VII III ≠ VII IV = V = VI = VII
Tiempo	55.26 (15.7)	59.50 (18.6)	51.08 (18.0)	50.90 (12.9)	47.91 (13.5)	48.24 (14.3)	40.55 (9.1)	50.34 (15.4)	3.7**	I = II = III = IV = V = VI I y II ≠ VII
Intrusiones	3.04 (6.1)	1.59 (4.1)	.24 (1.0)	.10 (.3)	.00 (.0)	1.05 (3.6)	.00 (.0)	.84 (3.2)	3.5**	I ≠ III, IV, V y VII II = III = IV = V = VI = VII

\* Significancia < .05

\*\* Significancia < .01

Al aplicar el análisis Post Hoc (Tukey) se obtuvo:

#### *Aciertos*

Los niños de entre 3 – 4.4 no mostraron diferencias significativas entre sí; además los grupos de 3 a 4 años mostraron diferencias significativas con todos los grupos a partir de los 4.5 años, menos con el grupo de 5.5-5.9. El grupo de 4-4.4 no mostró diferencias significativas con los niños de 4.5 a 4.9.

Todos los grupos de entre 4.5 – 6.4 no fueron significativamente diferentes entre sí, pero sí con todos los grupos menores a esta edad, a excepción del grupo de 5.5 - 6 años, el cual no se mostró significativamente diferente de ningún grupo.

#### *Primeros cuatro ensayos*

Las únicas diferencias significativas que se encontraron fueron entre el grupo de 4-4.4 y el de 4.5- 4.9 y entre el de 4-4.4 y el de 6- 6.4.

#### *Últimos cuatro ensayos*

Los grupos de niños de entre 3 y 4.4 años no mostraron diferencias significativas entre sí; de ellos, los niños de 3 a 4 años tuvieron diferencias significativas con todos los niños mayores a 4.5 años, mientras que los niños de 4 a 4.4 solamente mostraron ser significativamente diferentes de los de 6 a 6.4 años.

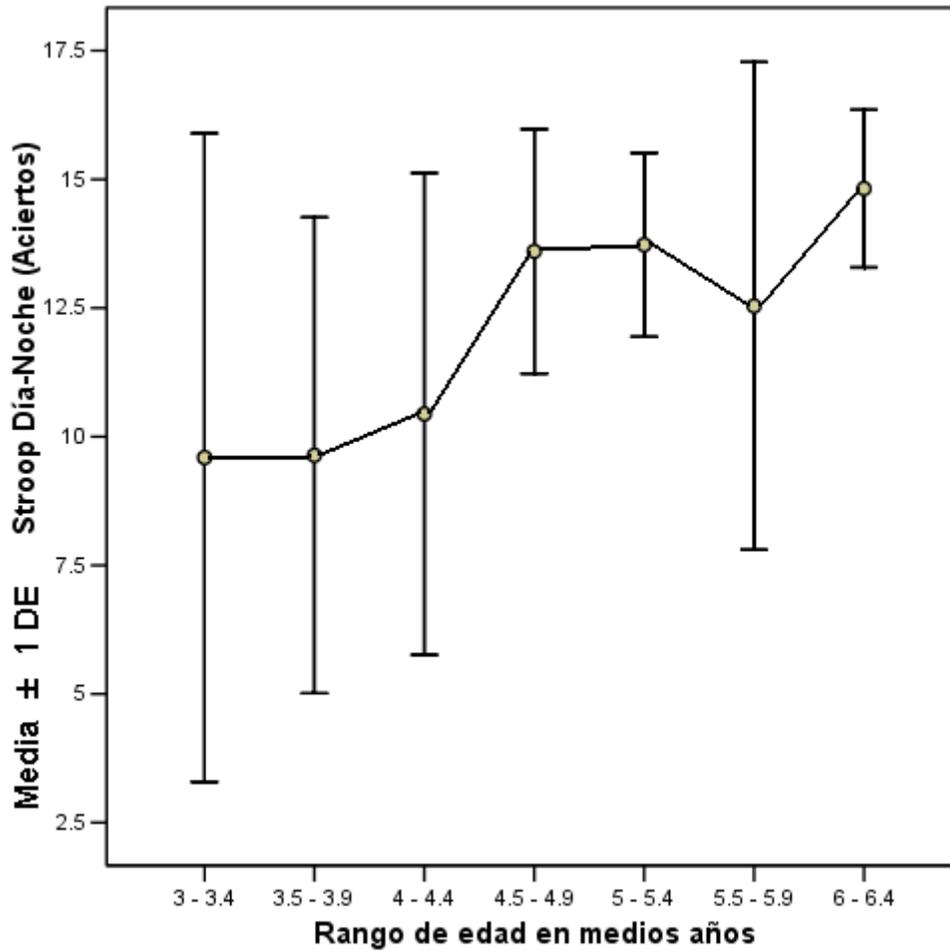
Entre los grupos a partir de los 4.5 años no se encontraron diferencias significativas

#### *Tiempo*

Solamente se encontraron diferencias significativas entre los grupos de 3 a 4 años y el de 6 – 6 ½.

#### *Intrusiones.*

Las únicas diferencias significativas encontradas fueron entre el grupo de 3-3.4 y todos los grupos de 4 en adelante, a excepción del de 5.5 -5.9.



GRÁFICA 2. Ejecución en Stroop Día-Noche (aciertos) por medios años.

Para explorar la relación entre el tiempo que tardaron los participantes en responder y la precisión de sus respuestas se aplicó una correlación de Pearson,

Tabla 4. Correlación Tiempo - Acieros (Stroop Día-Noche)

Correlación Tiempo-Acieros	EDAD EN AÑOS						
	$\bar{x}(\sigma)$						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
	3.31 (.1)	3.8 (.1)	4.3 (.1)	4.8 (.1)	5.3 (.1)	5.7 (.1)	6.3 (.2)
Coeficiente de Pearson	.43*	-.42*	.06	-.11	.08	.03	-.21

\* Significancia < .05

## PUÑO-DEDO

Esta prueba se evaluó a través de estas medidas:

Errores totales: Se concedían dos puntos si el niño ejecutaba el movimiento opuesto al debido.

Parciales: Si el niño ejecuta a medias el movimiento equivocado se concedía un punto.

Total: Suma de los puntos de errores totales y parciales.

Intrusiones: Se consideraban los movimientos que no pertenecían al rango de la prueba (p/e.- alzar el meñique)

Tabla 5. PUÑO-DEDO

Puño-Dedo	EDAD EN AÑOS								F	Post Hoc
	$\bar{x}(\sigma)$									
	I 3.31 (.1)	II 3.8 (.1)	III 4.3 (.1)	IV 4.8 (.1)	V 5.3 (.1)	VI 5.7 (.1)	VII 6.3 (.2)	Total 4.7 (1)		
Errores	12.22 (9.1)	9.00 (9.6)	3.76 (3.9)	2.87 (3.3)	3.06 (5.0)	1.85 (2.1)	1.64 (2.0)	4.63 (6.5)	14.4**	I = II  I y II $\neq$ III, IV, V, VI y VII
Parciales	1.37 (1.3)	1.14 (2.1)	1.68 (1.4)	1.27 (1.3)	1.94 (1.3)	2.26 (1.5)	1.68 (1.3)	1.67 (1.5)	2.1*	II $\neq$ VI  I = II = III = IV = V = VII
Total de errores	13.59 (8.6)	10.14 (9.2)	5.44 (4.1)	4.13 (3.6)	5.00 (5.2)	3.92 (2.9)	3.32 (2.3)	6.27 (6.4)	12.9**	I = II  I y II $\neq$ III, IV, V, VI y VII
Intrusiones	.30 (1.3)	.45 (1.2)	.04 (.2)	.10 (.4)	.00 (.0)	.00 (.0)	.00 (.0)	.118 (.6)	1.8	I = II = III = IV = V = VI = VII

\*\* Significancia < .01

\* Significancia < .05

En el análisis Post Hoc (Tukey) se obtuvo:

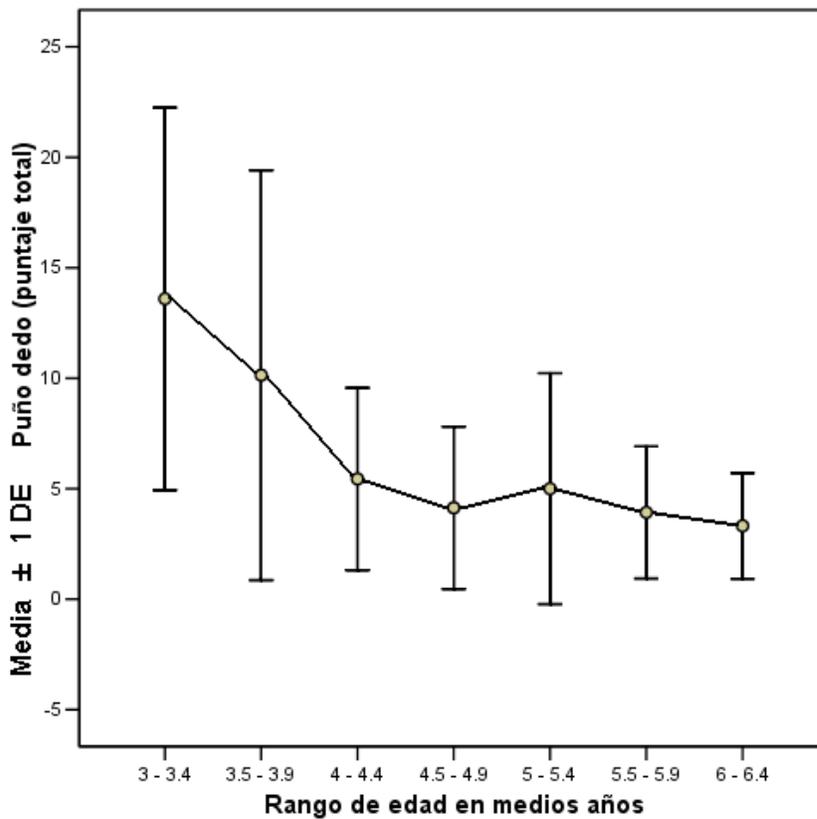
*Errores Totales y Puntaje Total.*

Los grupos de niños de 3 – 3.4 y 3.5 – 3.9 años no fueron significativamente diferentes entre sí, pero ambos presentaron diferencias significativas con el resto de los grupos.

A partir de los 4 años de edad, todos los grupos no mostraron diferencias significativas entre ellos, y sólo las mostraron con los niños de 3 a 3.9 años.

*Errores parciales*

Solamente se mostraron diferencias significativas entre el grupo de 3.5 – 3.9 años y el de 5.5 a 5.9.



GRÁFICA 3. Ejecución de Puño-Dedo (puntaje total) por medios años.

## DEMORA DEL REGALO

Se analizó:

Número de veces que volteó parcialmente: Se consideró como volteo parcial el haber mirado de reojo, sin hacer ningún movimiento del tronco, pero sí un giro de 90 grados de la cabeza.

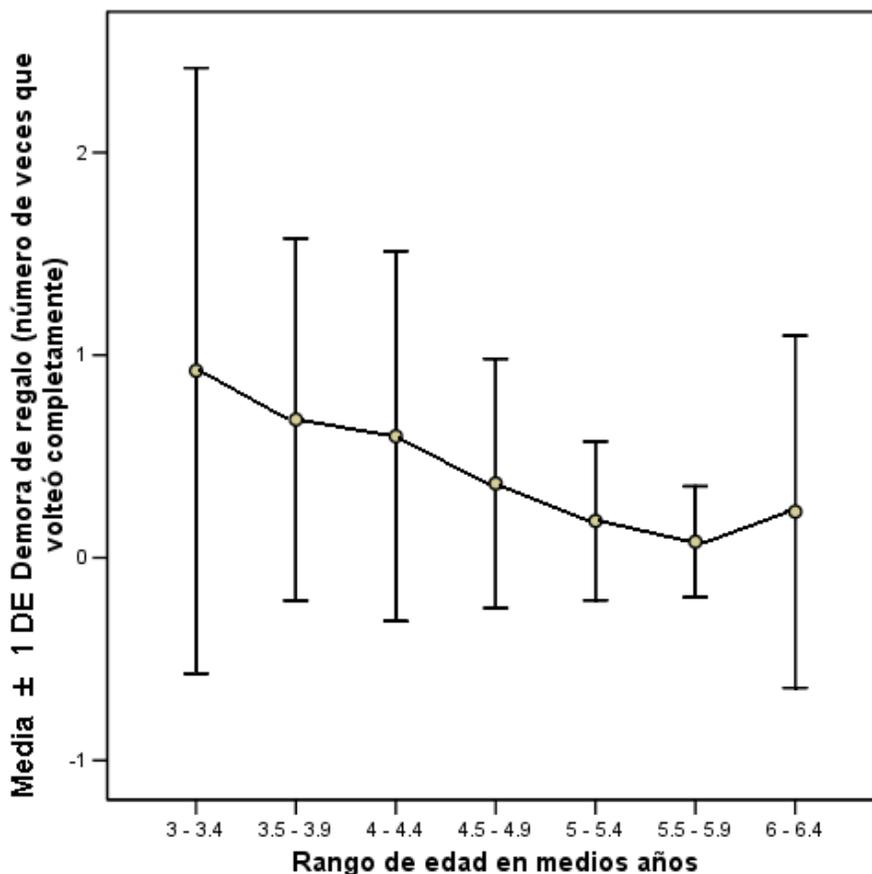
Número de veces que volteó completamente: Se consideró como voltear completamente cuando el niño movía el tronco con el fin de ver.

Tabla 6. DEMORA DEL REGALO.

Demora del Regalo	EDAD EN AÑOS								F	Post Hoc
	$\bar{x}(\sigma)$									
	I 3.31 (.1)años	II 3.8 (.1)años	III 4.3 (.1)años	IV 4.8 (.1)años	V 5.3 (.1)años	VI 5.7 (.1)años	VII 6.3 (.2)años	Total 4.7 (1)		
Parciales	1.96 (1.9)	1.45 (2.0)	1.52 (1.5)	1.07 (1.0)	1.15 (1.1)	.84 (1.0)	1.09 (1.2)	1.26 (1.4)	1.97	I = II = III = IV = V = VI = VII
Completos	.92 (1.4)	.68 (.8)	.60 (.9)	.37 (.6)	.18 (.3)	.08 (.2)	.23 (.8)	.40 (.8)	3.97**	I ≠ V. VI y VII  II ≠ VI  II=III=IV=V=VII

\*\* Significancia < .01

En el análisis *Post Hoc* (Tukey) se observaron diferencias significativas respecto al número de veces de voltear completamente entre el grupo de 3-3.4 y los grupos de 5 – 6.4, así como entre el grupo de 3.5 – 3.9 y el de 5.5 – 5.9.



GRÁFICA 4. Veces que volteó completamente en Demora de Regalo por medios años.

## ***FLEXIBILIDAD.***

### **CLASIFICACIÓN DE CARTAS (I)**

Para esta prueba se consideraron las siguientes medidas:

**Aciertos:** Se tomó por acierto cada ensayo realizado correctamente.

**Errores:** Se considera error cuando el niño falla en un ensayo, a excepción de que constituya uno de los siguientes casos:

**Perseveraciones:** Es el fallo en un ensayo al cometer el mismo error de clasificación que en el ensayo anterior.

**Perseveraciones de criterio:** Consiste en el fallo en un ensayo al cometer el mismo error que en alguno de los tres ensayos anteriores (a excepción del inmediatamente anterior en cuyo caso sería perseveración).

Errores de mantenimiento: Son errores de mantenimiento cuando después de tener tres aciertos seguidos dentro de un bloque el niño comete un error.

Se excluyeron todos los casos donde el participante había tenido más de un error durante la primera fase, ya que esto indicaba una falta de entendimiento de la instrucción o de consolidación de los conceptos de clasificación.

Tabla 7. CLASIFICACIÓN DE CARTAS (I).

Clasificación de Cartas I	EDAD EN AÑOS								F	Post Hoc
	$\bar{x}(\sigma)$									
	I 3.31 (.1)	II 3.8 (.1)	III 4.3 (.1)	IV 4.8 (.1)	V 5.3 (.1)	VI 5.7 (.1)	VII 6.3 (.2)	Total 4.7 (1)		
Aciertos	14.16 (1.9)	14.82 (2.3)	15.42 (2.1)	15.62 (2.3)	16.56 (1.6)	17.05 (1.4)	17.23 (.9)	15.93 (2.1)	10.1 **	I = II = III = IV I y II ≠ V, VI y VII III y IV ≠ VI y VII V = VI = VII
Errores	1.40 (.8)	1.05 (1.0)	.96 (.9)	1.17 (1.2)	.81 (.2)	.51 (.8)	.55 (.7)	.90 (1.0)	2.8**	I ≠ VI y VII II = III = IV = V = VI = VII
Perseveraciones	1.09 (1.1)	1.14 (1.3)	.62 (1.0)	.45 (.7)	.28 (.5)	.14 (.4)	.05 (.2)	.50 (.9)	6.9**	I y II ≠ V, VI y VII
Perseveraciones de criterio	1.08 (.9)	.59 (.7)	.67 (.7)	.52 (.8)	.03 (.1)	.14 (.4)	.05 (.2)	.41 (.7)	9.5**	I ≠ IV, V, VI y VII II ≠ V III ≠ V, VI y VII
Errores de Mantenimiento	.28 (.5)	.41 (.7)	.33 (.5)	.21 (.4)	.37 (.7)	.19 (.3)	.14 (.3)	.27 (.5)	.8	I = II = III = IV = V = VI = VII

\*\* Significancia < .01

En el análisis Post Hoc (Tukey) se obtuvo:

#### Aciertos

Los grupos de niños de entre 3 y 5 años no se mostraron significativamente diferentes entre sí. De estos, los grupos de 3 a 4 años mostraron diferencias significativas con todos los grupos mayores de 5 años, mientras que los grupos de 4 a 5 años mostraron diferencias significativas con los grupos de 5.5 a 6.4 años.

Los grupos de 5 a 6.4 años no se mostraron significativamente diferentes entre sí.

#### Errores

El grupo de 3 – 3.4 sólo obtuvo diferencias significativas con el grupo de 5.5 a 5.9 años y con el grupo de 6 a 6.4 al nivel de significancia de .06.

A partir de los 3.5 años de edad no se encontraron diferencias significativas.

#### Perseveraciones.

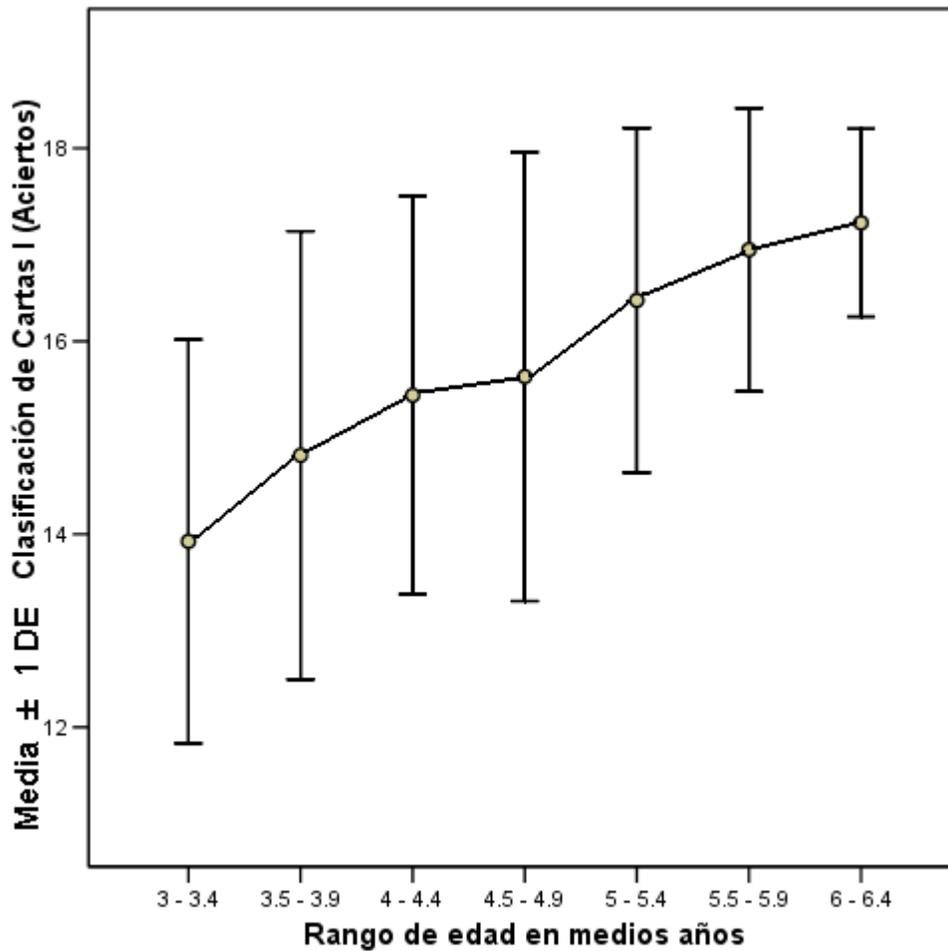
Las diferencias significativas observadas fueron entre los grupos de 3 a 4 años y todos los grupos a partir de los 5 años.

#### Perseveraciones de criterio.

El grupo de 3 – 3.4 obtuvo diferencias significativas con todos los grupos a partir de los 4.5 años.

El grupo de 3.5 – 3.9 solamente obtuvo diferencias significativas con el grupo de 5 – 5.4 años.

El grupo de 4 – 4.4 mostró diferencias significativas con todos los grupos a partir de los 5 años.



GRÁFICA 5. Ejecución en Clasificación de Cartas I (aciertos) por medios años.

## CLASIFICACIÓN DE CARTAS (II)

Para esta prueba los aciertos fueron medidos como sigue:

- 1 Acierto – Al clasificar correctamente cuatro cartas consecutivas
- 2 Aciertos – Al clasificar correctamente cinco o seis cartas consecutivas

Los errores, perseveraciones, perseveraciones de criterio y errores de mantenimiento fueron considerados de la misma manera que en la prueba anterior.

Tabla 8. CLASIFICACIÓN DE CARTAS (II).

Clasificación de Cartas II	EDAD EN AÑOS								F	Post Hoc
	$\bar{x}(\sigma)$									
	I 3.31 (.1)	II 3.8 (.1)	III 4.3 (.1)	IV 4.8 (.1)	V 5.3 (.1)	VI 5.7 (.1)	VII 6.3 (.2)	Total 4.7 (1)		
Aciertos	1.76 (1.7)	2.00 (2.1)	2.88 (1.9)	3.23 (2.3)	3.45 (2.2)	2.92 (2.1)	4.77 (1.7)	3.01 (2.2)	5.2**	I ≠ V  I, II, III, IV, V y VI ≠ VII  I=II=III=IV=VI
Errores	2.83 (2.1)	2.85 (2.2)	4.58 (1.9)	4.17 (2.4)	4.27 (2.6)	5.50 (2.5)	3.68 (1.6)	4.15 (2.4)	4.7**	I, II y VII ≠ V  I=II=III=IV=VI=VII
Perseveraciones	4.30 (2.0)	4.15 (2.9)	2.46 (1.7)	2.86 (1.9)	2.58 (2.3)	2.53 (1.7)	1.91 (1.5)	2.89 (2.1)	4.3**	I = II = IV  I ≠ III, V, VI y VII  II ≠ VI y VII  III = IV = V = VI = VII
Perseveraciones de criterio	3.52 (2.1)	3.65 (2.2)	3.00 (1.7)	2.52 (1.9)	2.48 (1.8)	2.53 (2.1)	1.91 (1.6)	2.75 (2.0)	2.2*	I y II ≠ VII  I = II = III = IV = V = VI
Errores de Mantenimiento	1.91 (.9)	1.85 (1.0)	1.33 (.9)	1.31 (.9)	1.06 (1.0)	1.03 (1.0)	1.00 (.8)	1.31 (1.0)	3.7**	I y II ≠ V, VI y VII  I=II=III=IV  III = IV = V = VI = VII

\*\* Significancia < .01

\* Significancia < .05

En el análisis Post Hoc (Tukey) se observó:

### *Aciertos*

Solamente se encontraron diferencias significativas entre el grupo de 3- 3.4 y el grupo de 5- 5.4; y entre el grupo de 6 – 6.4 años y el resto.

### *Errores*

Solamente resultaron significativas las diferencias entre el grupo de 5- 5.4 y los grupos: 3 – 3.4, 3.5 – 3.9 y 6 – 6.4.

### Perseveraciones

No se observaron diferencias significativas entre los niños de entre 3 – 3.4 y 3.5 – 3.9, ni con los de 4.5 – 4.9, pero sí con el resto.

Los niños de 3.5 – 3.9 sólo mostraron diferencias significativas con los grupos de 5.5 – 6.4 años.

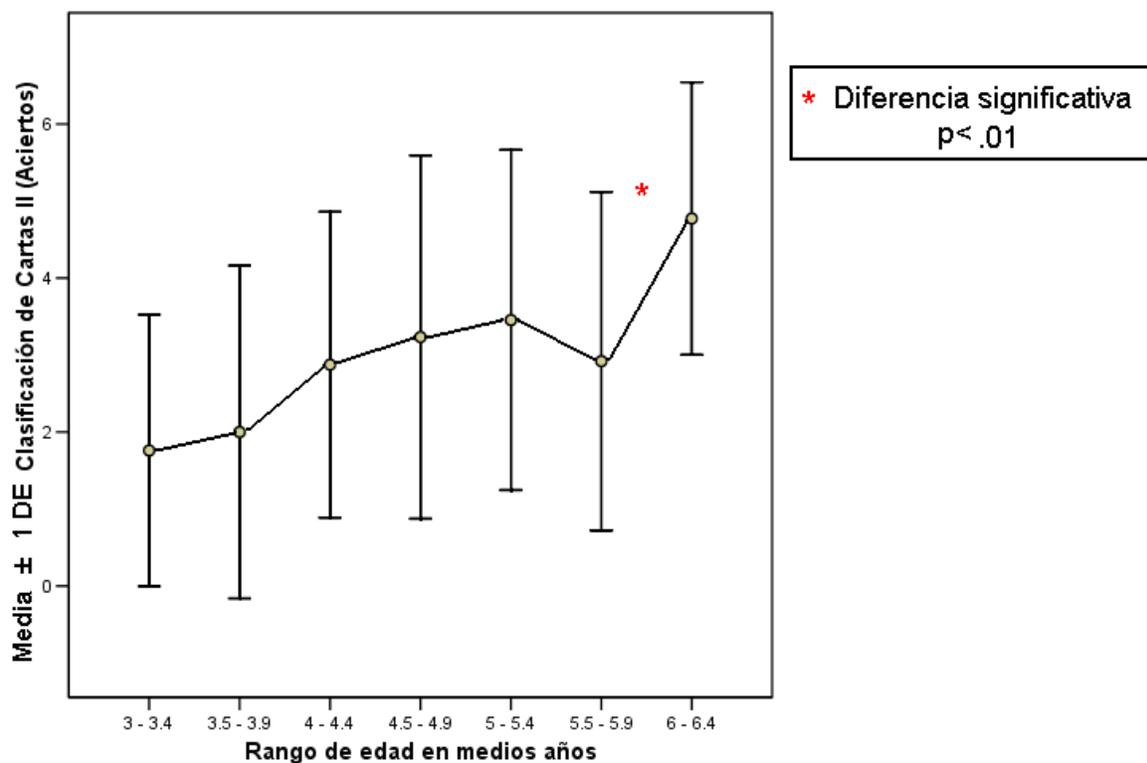
Todos los grupos de entre 4 y 6.4 años no fueron significativamente diferentes entre sí.

### Perseveraciones de criterio

Solamente se observaron diferencias significativas entre los grupos de niños de 3 a 4 años y el grupo de 6 – 6.4.

### Errores de mantenimiento

Se encontraron diferencias significativas sólo entre los grupos de niños de 3 a 4 años y todos los grupos de 5- 6.4 años.



GRÁFICA 6. Ejecución en Clasificación de Cartas II (aciertos) por medios años.

## CAJONES

En esta prueba se consideraron:

**Aciertos:** Se consideró un acierto cuando el niño ha encontrado el dulce tres veces consecutivas en el mismo cajón.

**Errores:** Se consideró un error cada vez que el niño buscaba el dulce en el cajón equivocado.

**Perseveraciones:** Cada vez que un niño busca incorrectamente en el mismo cajón que el ensayo anterior dentro del mismo bloque.

En esta prueba las perseveraciones también eran contadas como errores.

Tabla 9. CAJONES.

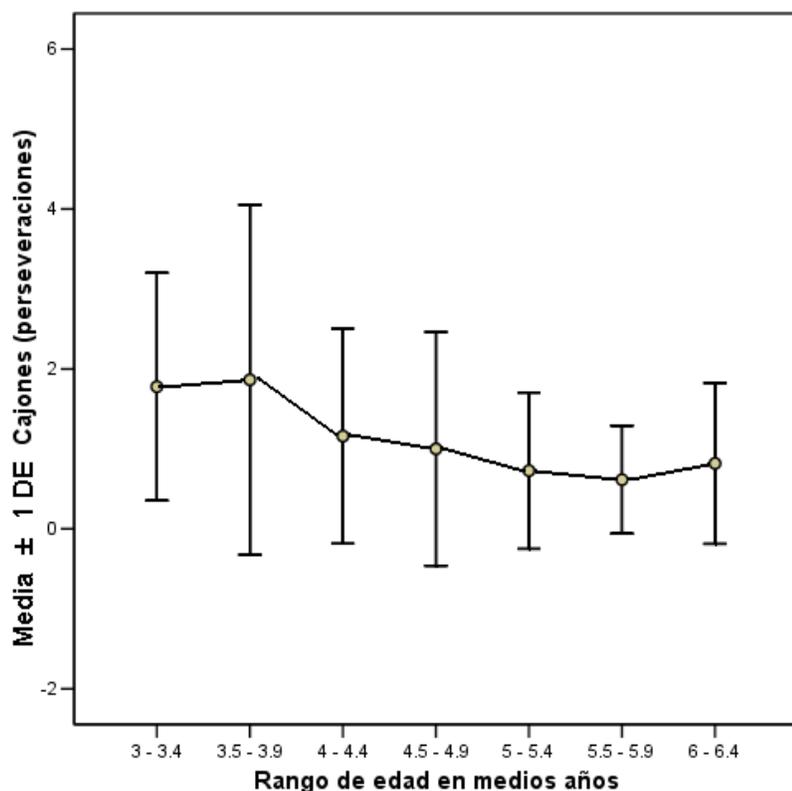
	EDAD EN AÑOS								F	Post Hoc
	$\bar{x}(\sigma)$									
	I 3.31 (.1)	II 3.8 (.1)	III 4.3 (.1)	IV 4.8 (.1)	V 5.3 (.1)	VI 5.7 (.1)	VII 6.3 (.2)	Total 4.7 (1)		
Aciertos	1.33 (.9)	1.50 (1.0)	1.56 (1.0)	1.40 (.8)	1.61 (1.0)	1.79 (.9)	1.45 (.9)	1.54 (.9)	.8	I = II = III = IV = V = VI = VII
Errores	7.04 (2.2)	6.91 (2.6)	5.48 (2.6)	6.10 (1.8)	5.30 (2.0)	5.21 (1.8)	5.64 (1.9)	5.88 (2.2)	3.4**	I y II ≠ V y VI I = II = III = IV = VII
Perseveraciones	1.78 (1.4)	1.86 (2.1)	1.16 (1.3)	1.00 (1.4)	.73 (.9)	.62 (.6)	.82 (1.0)	1.08 (1.3)	3.9**	I y II ≠ V y VI I = II = III = IV = VII

\*\* Significancia < .01

*En el análisis Post Hoc (Tukey) se obtuvo:*

*Errores y Perseveraciones:*

Solamente se observaron diferencias significativas entre los dos grupos de entre 3 y 3.9 años y los dos grupos de entre 5 y 5.9 años.



GRÁFICA 7. Ejecución de Cajones (perseveraciones) por medios años.

## MEMORIA DE TRABAJO.

### REPARTIENDO LECHE

Se consideró el número máximo de ítems ejecutados correctamente, ya fuera en el primer o en el segundo ensayo.

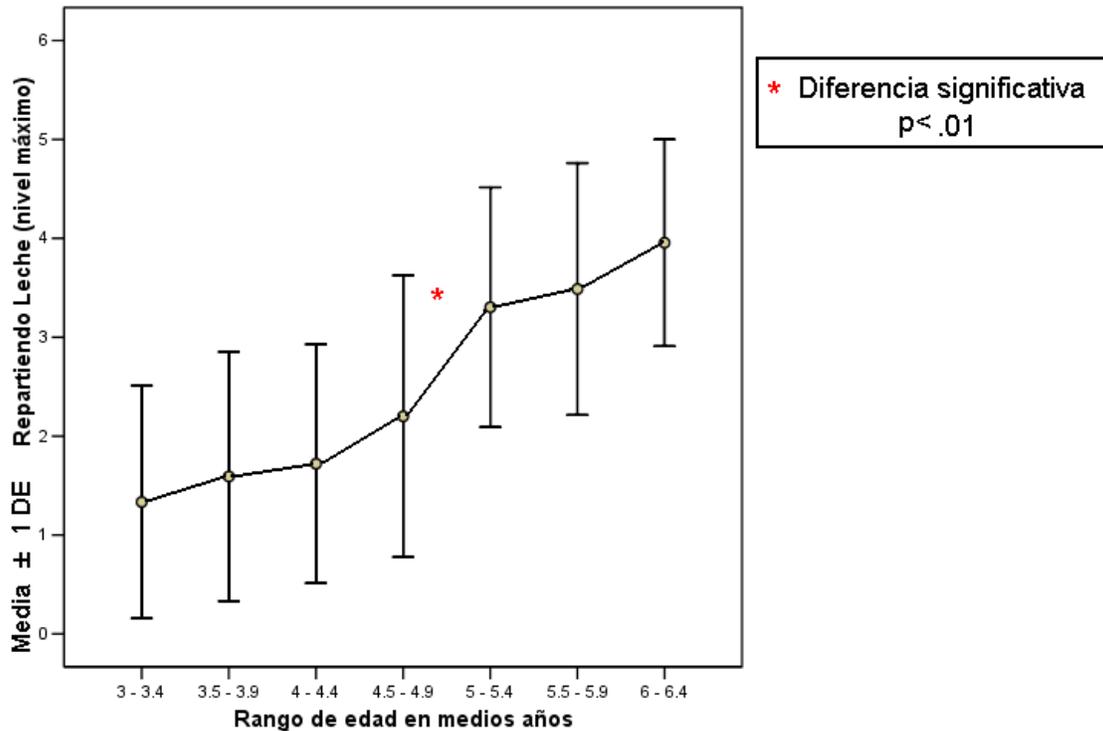
Del análisis estadístico ANOVA se obtuvo:

Tabla 10. REPARTIENDO LECHE.

Repartiendo Leche	EDAD EN AÑOS								F	Post Hoc
	$\bar{x}(\sigma)$									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	Total		
	3.31 (.1)	3.8 (.1)	4.3 (.1)	4.8 (.1)	5.3 (.1)	5.7 (.1)	6.3 (.2)	4.7 (1)		
Nivel	1.33 (1.1)	1.59 (1.2)	1.72 (1.2)	2.20 (1.4)	3.30 (1.2)	3.49 (1.2)	3.95 (1.0)	2.59 (1.5)	19.1**	I=II=III=IV I,II,III y IV ≠ V,VI y VII V=VI=VII

\*\* Significancia < .01

En el análisis Post Hoc (Tukey) se observó que los niños de entre 3 y 5 años no difirieron significativamente entre sí, pero sí con todos los niños a partir de 5 años. Tampoco los grupos de niños de entre 5 y 6.4 mostraron diferencias entre sí.



GRÁFICA 8. Ejecución en Repartiendo Leche (nível máximo) por medios años.

### CUBOS DE CORSI

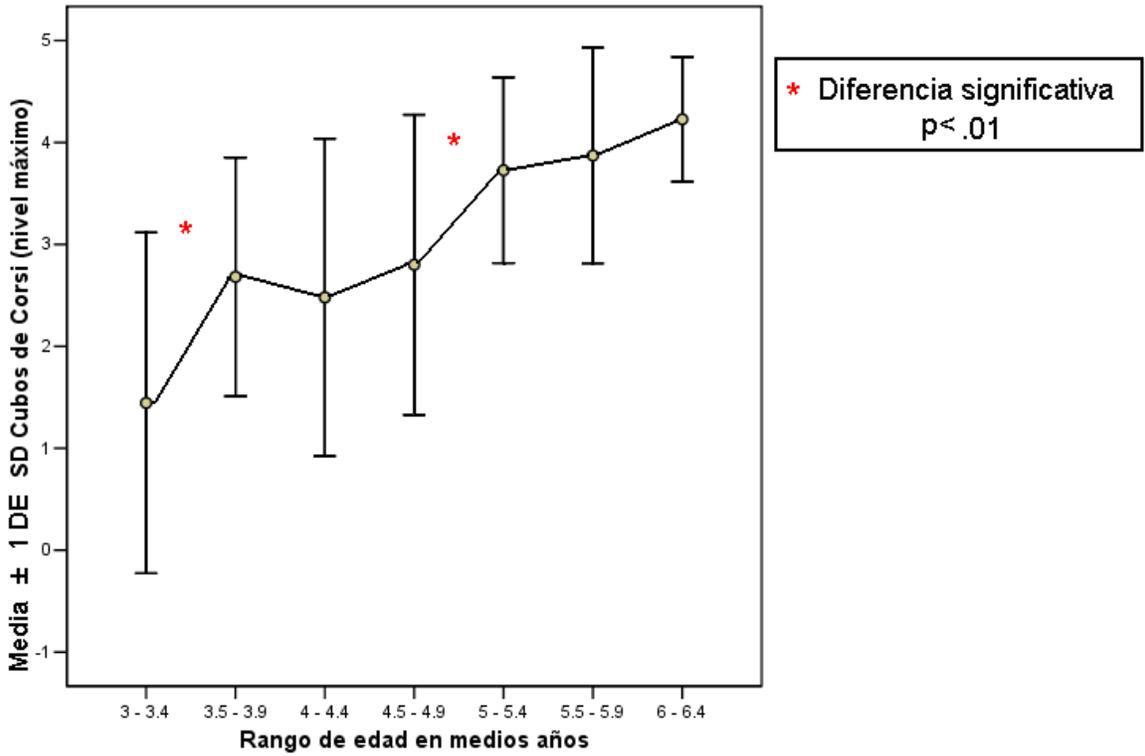
El Nivel Máximo se consideró de la misma manera que en la prueba anterior.

Tabla 11. CUBOS DE CORSI.

Cubos en regresión	EDAD EN AÑOS								F	Post Hoc
	$\bar{x}(\sigma)$									
	I 3.31 (.1)	II 3.8 (.1)	III 4.3 (.1)	IV 4.8 (.1)	V 5.3 (.1)	VI 5.7 (.1)	VII 6.3 (.2)	Total 4.7 (1)		
Nivel	1.44 (1.6)	2.68 (1.1)	2.48 (1.5)	2.80 (1.4)	3.73 (.91)	3.87 (1.0)	4.23 (.6)	3.09 (1.5)	19.8**	I ≠ II, III, IV, V, VI y VII  II = III = IV  II, III y IV ≠ V, VI y VII  V=VI=VII

\*\* Significancia < .01

En el análisis Post Hoc (Tukey) se obtuvo que el grupo de niños de 3 – 3.4 años fue significativamente diferente a todos los grupos restantes; los grupos de entre de 3.5 a 5 años no fueron significativamente diferentes entre sí, y todos mostraron diferencias significativas con todos los grupos mayores; y los grupos de niños de 5 a 6.4 no fueron significativamente diferentes entre ellos, pero sí con todos los grupos menores a este rango.



GRÁFICA 9. Ejecución en Cubos de Corsi (nivel máximo) por medios años.

**DIGITOS EN REGRESIÓN**

Se consideró el número máximo de ítems ejecutados correctamente, ya fuera en el primer o en el segundo ensayo.

Tabla 12. DÍGITOS EN REGRESIÓN.

Dígitos en Regre-sión	EDAD EN AÑOS								F	Post Hoc
	$\bar{x}(\sigma)$									
	I 3.31 (.1)	II 3.8 (.1)	III 4.3 (.1)	IV 4.8 (.1)	V 5.3 (.1)	VI 5.7 (.1)	VII 6.3 (.2)	Total 4.7 (1)		
Nivel	.22 (.6)	.68 (1.0)	1.12 (1.2)	1.77 (1.2)	2.70 (.9)	2.56 (.9)	2.95 (.8)	1.80 (1.3)	29.5**	I ≠ III, IV, V, VI y VII  II= III  II ≠ IV, V, VI y VII  III= IV  III ≠ V, VI y VII  IV ≠ I, II, V, VI y VII  V = VI = VII

\*\* Significancia < .01

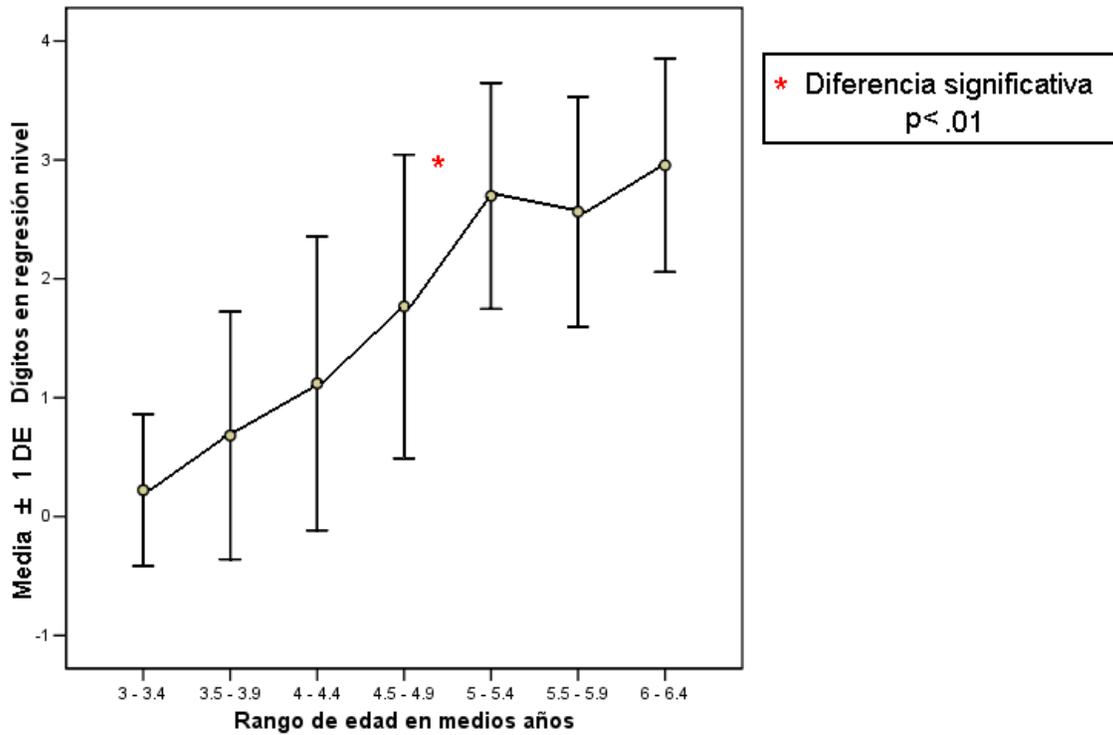
Al aplicar el análisis Post Hoc (Tukey) se observó que el grupo de niños de 3 – 3.4 mostró diferencias significativas con todos los grupos a excepción del de 3.5 – 3.9 años.

Los niños de 3.5 – 3.9 años no mostraron diferencias significativas con el grupo de 3 – 3.4 ni con el de 4 – 4.4 pero sí con el resto.

El grupo de 4 – 4.4 no fue significativamente diferente del de 3.5 – 3.9 ni del de 4.5 – 4.9 pero sí del resto.

El grupo de 4.5 – 4.9 mostró diferencias significativas con todos los grupos menos con el grupo de 4 – 4.4.

Los grupos de entre 5 y 6.4 no mostraron ser significativamente diferentes entre sí pero sí con los demás grupos.



GRÁFICA 10. Ejecución de Dígitos en Regresión (nivel) por medios años.

***PLANEACIÓN.***

**CARTERO**

Para evaluar la ejecución de esta prueba se tomaron en cuenta:

Total Errores: Se tomó por error que el niño omitiera las reglas del juego, es decir, que regresara el camión en sentido contrario de la calle o tomara una carta de abajo.

Nivel: El número total de cartas entregadas correctamente.

Tabla 13. CARTERO.

Cartero	EDAD EN AÑOS								F	Post Hoc
	$\bar{x}(\sigma)$									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	Total		
	3.31 (.1)	3.8 (.1)	4.3 (.1)	4.8 (.1)	5.3 (.1)	5.7 (.1)	6.3 (.2)	4.7 (1)		
Total Errores	2.33 (.6)	2.18 (.7)	1.80 (.9)	1.70 (1.0)	.91 (.8)	1.03 (.9)	.45 (.7)	1.45 (1.1)	16.5**	I = II = III I ≠ IV  I, II, III y IV ≠ V , VI y VII  V = VI = VII
Nivel	2.11 (.8)	2.32 (.9)	3.48 (1.3)	4.00 (1.2)	4.64 (.8)	4.59 (.9)	4.73 (.8)	3.79 (1.4)	30.6**	I = II  I y II ≠ III, IV, V, VI y VII  III = IV  III ≠ I, II, V, VI y VII  V = VI = VII

\*\* Significancia < .01

Al aplicar el análisis Post Hoc (Tukey) se obtuvo:

#### *Total de Errores*

Los grupos de niños de entre 3 y 4.9 años no difirieron significativamente entre sí (a excepción de los niños de 3 – 3.4 con los de 4.5 -4.9); pero sí con todos los grupos a partir de 5 años.

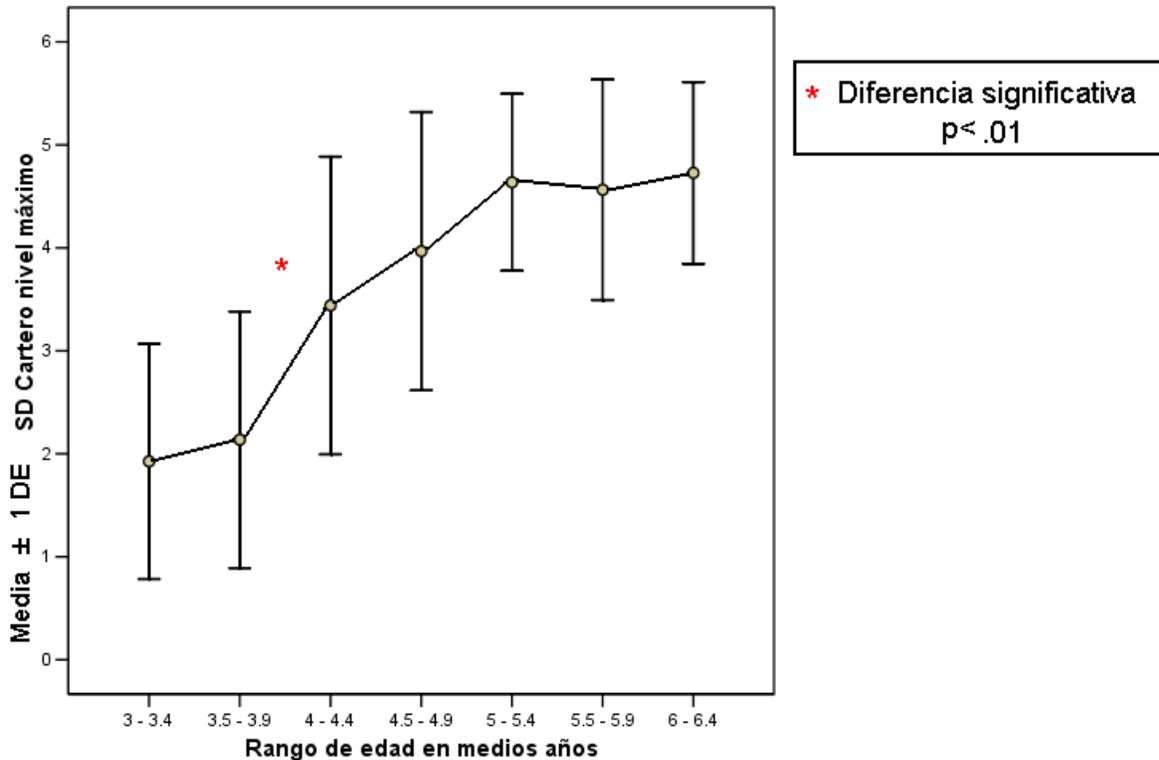
Los grupos de entre 5 y 6.4 años no difirieron entre sí, pero sí con todos los grupos menores a este rango.

#### *Nivel*

Los grupos de niños de 3 a 3.9 años no se mostraron significativamente diferentes entre sí, pero sí con todos los niños mayores a esta edad.

Los niños de 4- 4.4 tuvieron diferencias significativas con todos los grupos menos con el de 4.5- 4.9 años.

Todos los grupos a partir de los 4.5 años no fueron significativamente diferentes entre ellos, pero sí con todos los grupos menores.



GRÁFICA 11. Ejecución de Cartero (nivel máximo) por medios años.

## LABERINTOS

Se considera como nivel máximo el número del último laberinto que realizó (no se consideraron como terminados los laberintos donde no llegaba a la salida o donde se trazaba una línea directa desde el punto de partida hasta el final sin respetar ninguna regla).

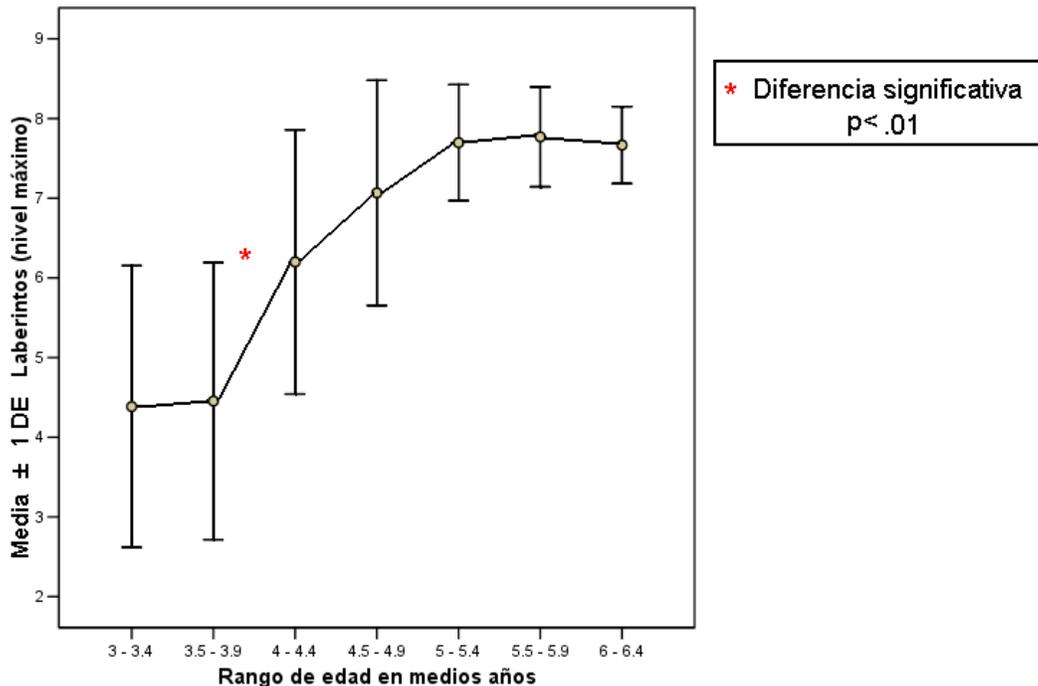
Tabla 14. LABERINTOS.

Laberintos	EDAD EN AÑOS								F	Post Hoc
	$\bar{x}(\sigma)$									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	Total		
	3.31 (.1)	3.8 (.1)	4.3 (.1)	4.8 (.1)	5.3 (.1)	5.7 (.1)	6.3 (.2)	4.7 (1)		
Lab máx	4.38 (1.7)	4.45 (1.7)	6.20 (1.6)	7.07 (1.4)	7.70 (.7)	7.77 (.6)	7.67 (.4)	6.62 (1.8)	37.1**	I = II  I y II ≠ III, IV, V, VI y VII  III = IV  III ≠ V, VI y VII.  IV = V = VI = VII

\*\* Significancia < .01

En el análisis Post Hoc (Tukey) se obtuvo que los grupos de niños de 3- 3.4 y de 3.5 – 3.9 no se mostraron significativamente diferentes entre sí, pero sí con el resto de los grupos. El grupo de 4- 4.4 mostró diferencias significativas con todos los grupos a excepción del de 4.5 – 4.9.

No se observaron diferencias significativas entre todos los grupos a partir de los 4.5 años.



GRÁFICA 12. Ejecución en Laberintos (nivel máximo) por medios años.

**TEORÍA DE LA MENTE.  
FALSA CREENCIA**

**CONTENIDO**

Se aplicó la prueba estadística *chi cuadrada* para las dos pruebas de Falsa Creencia. Para la tarea *FC de Contenido* se tomó como base la respuesta (correcta o incorrecta) a la pregunta “Si llegara ahora tu mamá ¿Qué nos diría que hay en la caja?”

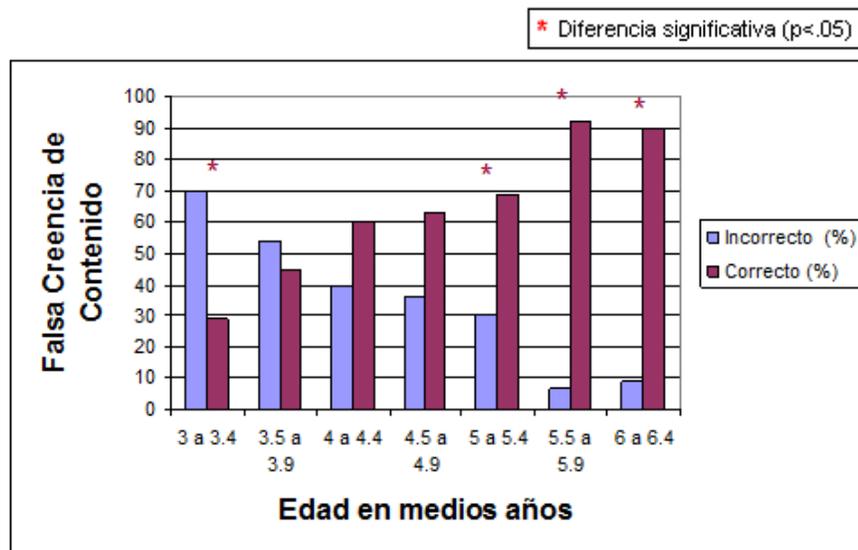
Tabla 15. FALSA CREENCIA DE CONTENIDO

Grupo	Incorrecto (%)	Correcto (%)	X <sup>2</sup>
I	70	29	4.81*
II	54	45	.18
III	40	60	1
IV	36	63	2.13
V	30	69	5.12*
VI	7	92	27.92**
VII	9	90	14.72**

\*\* Significancia < .01

\* Significancia < .05

El grupo de 3 a 3.4 años mostró significativamente un mayor número de respuestas incorrectas, mientras que en los grupos de 5 a 6.4 años hubo significativamente más respuesta correctas. En el resto de los grupos, las diferencias no fueron significativas.



GRÁFICA 13. Respuesta en Falsa Creencia de Contenido por medios años.

## LUGAR

La pregunta a considerar para evaluar esta prueba fue: “Cuando regrese Angelito ¿Dónde buscará su pelota?”

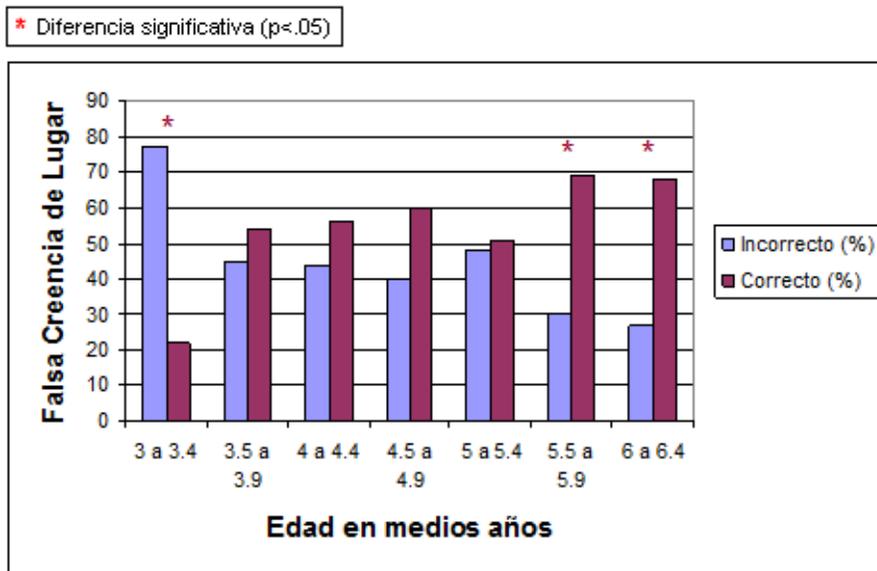
Tabla 16. FALSA CREENCIA DE LUGAR

Grupo	Incorrecto (%)	Correcto (%)	X <sup>2</sup>
I	77	22	8.33**
II	45	54	.18
III	44	56	.36
IV	40	60	1.2
V	48	51	.03
VI	30	69	5.76*
VII	27	68	3.85*

\*\* Significancia  $\leq .01$

\* Significancia  $\leq .05$

Hubo significativamente mayor número de respuestas incorrectas en el grupo de 3 a 3.4 años, y en los grupos de 5.5 a 6.4 el número de respuestas correctas fue significativamente mayor. En el resto de los grupos las diferencias no fueron significativas.



GRÁFICA 14. Respuesta en Falsa Creencia de Lugar por medios años.

## TOMA DE DECISIONES.

### DEMORA DE LA GRATIFICACIÓN

Para esta prueba se aplicó la prueba estadística *chi cuadrada* para cada rango de edad respecto a la elección realizada: la recompensa pequeña inmediata (Opción 1- un dulce ahora) o la recompensa grande demorada (Opción 2-cuatro dulces si espera).

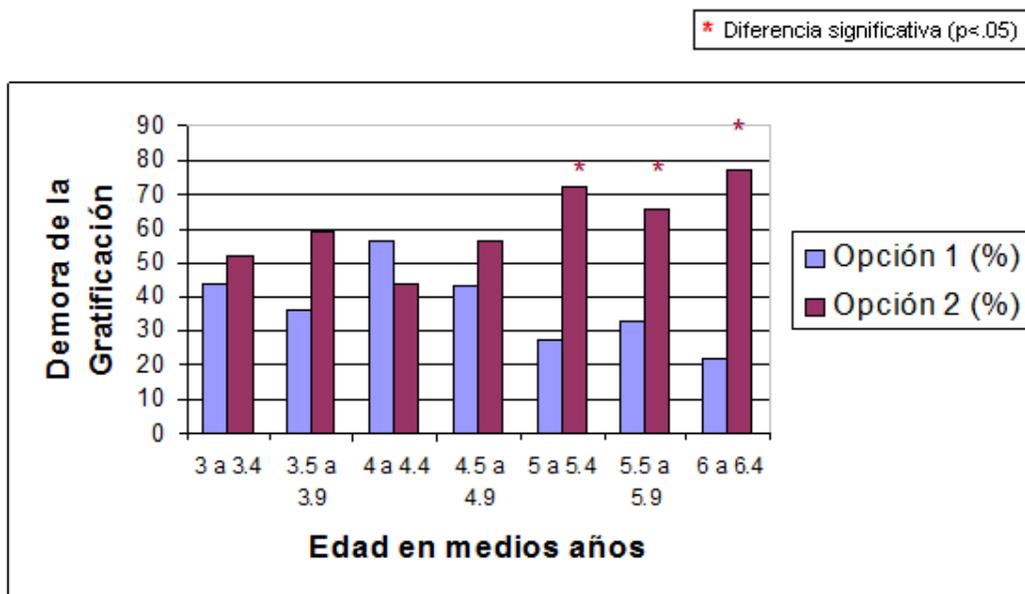
Tabla 17. DEMORA DE LA GRATIFICACIÓN

Grupo	Opción 1 (%)	Opción 2 (%)	X <sup>2</sup>
I	44	52	.15
II	36	59	1.19
III	56	44	.36
IV	43	56	.53
V	27	72	6.81 **
VI	33	66	4.33*
VII	22	77	6.54*

\*\* Significancia < .01

\* Significancia < .05

No hubo diferencias significativas en la elección de los niños de 3 a 4.9 años. Pero la elección ventajosa fue significativamente mayor en los grupos de 5 a 6.4 años.



GRÁFICA 15. Demora de la Gratificación (opción elegida) por medios años. Opción 1: Recompensa inmediata (un dulce ahora). Opción 2: Recompensa demorada (cuatro dulces después).

## JUEGO DE LA APUESTA

En esta prueba se contabilizaron:

Premios (ganancias): Representa la cantidad de caras felices escogidas, independientemente de las cartas escogidas.

Castigos (pérdidas): Representa la cantidad de caras tristes que salieron en el juego, independientemente de las cartas escogidas.

Total (ganancias menos pérdidas): El número total de caras felices menos el número total de caras tristes.

Cartas A: El número de cartas ventajosas (1 cara feliz) elegidas a lo largo del juego.

Cartas A (1 de 2): El número de cartas ventajosas escogidas durante los primeros 15 ensayos.

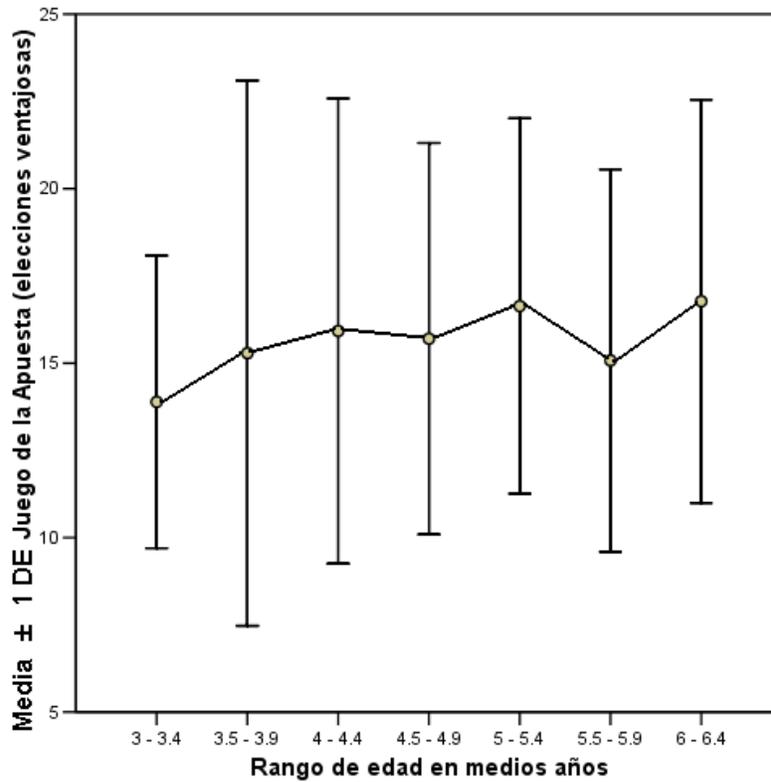
Cartas A (2 de 2): El número de cartas ventajosas escogidas durante los últimos 15 ensayos.

Tabla 18. JUEGO DE LA APUESTA

Juego de la Apuesta	EDAD EN AÑOS								F
	$\bar{x}(\sigma)$								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	Total	
	3.31 (.1)	3.8 (.1)	4.3 (.1)	4.8 (.1)	5.3 (.1)	5.7 (.1)	6.3 (.2)	4.7 (1)	
Premios	46.19 (4.1)	44.14 (7.6)	43.64 (7.2)	43.60 (6.3)	42.82 (5.8)	44.59 (5.5)	42.32 (5.5)	43.94 (6.1)	1.1 <i>Ns</i>
Castigos	40.44 (8.3)	37.19 (17.0)	36.16 (14.7)	36.80 (12.7)	34.27 (11.9)	37.90 (12.1)	33.86 (11.9)	36.73 (12.6)	.8 <i>Ns</i>
Total	6.04 (4.2)	8.33 (7.4)	8.12 (6.7)	7.47 (5.8)	8.45 (6.1)	7.49 (5.7)	8.55 (6.8)	7.74 (6.1)	.5 <i>Ns</i>
Cartas A	13.89 (4.1)	15.29 (7.8)	15.92 (6.6)	15.70 (5.6)	16.64 (5.3)	15.08 (5.4)	16.77 (5.7)	15.59 (5.7)	.7 <i>Ns</i>
Cartas A (1 de 2)	6.14 (2.8)	6.80 (3.1)	7.56 (2.9)	8.07 (2.9)	7.21 (2.4)	6.42 (2.5)	7.60 (2.3)	7.07 (2.7)	1.8 <i>Ns</i>
Cartas A (2 de 2)	7.70 (4.0)	7.89 (4.7)	8.46 (4.3)	8.26 (3.8)	9.45 (3.7)	8.97 (4.1)	9.11 (3.7)	8.60 (4.0)	.6 <i>Ns</i>

\*\* Significancia < .01

En ninguna medida de esta tarea se observaron diferencias significativas entre los diferentes grupos.



GRÁFICA 16. Ejecución en Juego de la Apuesta (elecciones ventajosas) por medios años.

También se analizó con la prueba *chi cuadrada* la respuesta a la pregunta: “¿Cuáles eran las mejores cartas?” A lo que podían responder que las cartas de dos caras (recompensa mayor inmediata pero con mayor número de pérdidas) o las de una cara (recompensa menor inmediata pero bajo número de pérdidas).

Tabla 19. JUEGO DE LA APUESTA - PREGUNTA

Grupo	Una cara (%)	Dos caras (%)	X <sup>2</sup>
I	52	48	.04
II	36	63	1.31
III	70	29	4.16*
IV	71	28	3.8*
V	58	41	.81
VI	50	50	.00
VII	57	42	.47

\* Significancia  $\leq .05$ .

Solamente los grupos de 4 a 4.9 años presentaron un mayor número de respuestas correctas de modo significativo.

Se aplicó una correlación de Spearman para explorar si existía una relación entre la ejecución en la tarea y el nivel de conciencia sobre cuáles eran las mejores cartas (Cartas 1: ventajosas; Cartas 2; desventajosas).

Tabla 20. JUEGO DE LA APUESTA – CORRELACIÓN: PREGUNTA-EJECUCIÓN

Correlación de Spearman	
Número de elecciones ventajosas y la respuesta a la pregunta ¿Cuáles eran las mejores cartas?	-.46**

\*\* Significancia <.01

Se obtuvo una correlación negativa y significativa, es decir, una mejor ejecución (mayor número de elecciones ventajosas) se asoció a responder que las Cartas 1 (ventajosas) eran las mejores, esto es, a un mayor nivel de conciencia.

### EFFECTO DEL SEXO

Al aplicar la prueba t de student para muestras independientes con el fin de indagar el efecto del sexo se encontró que no había diferencias estadísticamente significativas entre niños y niñas de la muestra total para ninguna prueba. Al aplicar la prueba chi cuadrada para las pruebas *Demora de la gratificación*, *Falsa creencia (contenido y lugar)* y la pregunta cualitativa del juego de la *Apuesta*, tampoco se obtuvieron diferencias.

## SEXO Y EDAD

Al realizar el mismo análisis para cada rango de edad, se encontraron las siguientes diferencias significativas:

TABLA 23. EFECTO DEL SEXO (POR AÑOS)

Prueba	Grupo	N Niñas Niños	Niñas	Niños	t
Ángel-Diablo Errores parciales	4 a 5	31 18	.10 (.30)	.33 (.48)	2.11*
Cubos de Corsi Nivel	3 a 4	23 22	2.43 (1.61)	1.45 (1.50)	2.10*
Stroop Día Noche Intrusiones	3 a 4	23 22	.70 (3.12)	3.77 (6.69)	1.98*
Clasificación de Cartas I Errores	4 a 5	31 18	.90 (1.04)	1.61 (1.03)	2.29*
Errores de Mantenimiento	5 a 6	47 30	.21 (.41)	.50 (.73)	2.20*
Clasificación de Cartas II Perseveraciones de criterio	6 a 7	13 12	2.31 (1.65)	1.08 (1.08)	2.20*
Juego de la Apuesta Cartas A	4 a 5	31 18	16.48 (5.69)	13.11 (6.53)	1.85 p=.07

\* Significancia  $\leq .05$

Se realizó el mismo análisis, por rangos de medios años para las siguientes pruebas.

TABLA 24. EFECTO DEL SEXO (POR MEDIOS AÑOS)

Prueba	Grupo	N Niñas Niños	Niñas	Niños	t
Stroop día-noche Aciertos	4 ½ -5	18 12	14.33 (1.53)	12.50 (3.00)	2.20*
Juego de la Apuesta Cartas A	3 – 3 ½	13 14	15.62 (3.40)	12.29 (4.32)	2.33*
Juego de la Apuesta Cartas A	4 ½ - 5	18 12	17.61 (4.34)	12.83 (6.23)	2.30*

\* Significancia  $\leq .05$

No se observaron diferencias significativas en las pruebas de *Falsa Creencia* ni en la de *Demora de la Gratificación* con la prueba chi cuadrada.

## **RELACIÓN ENTRE LAS DIFERENTES FUNCIONES EJECUTIVAS (AGRUPACIÓN EN FACTORES)**

Para realizar el análisis factorial se extrajo una medida de cada prueba, de acuerdo a las consideraciones sobre cuál era la más relevante para evaluar la función ejecutiva en cuestión. En el caso de las pruebas de *Falsa Creencia* de Lugar y de Contenido se generó un compuesto constituido por el número de respuestas correctas de las preguntas de ambas pruebas. La prueba *Demora de la Gratificación* se excluyó por contener variables de tipo nominal.

El valor de la Medida de adecuación muestral Kaiser Meyer Olkin fue de .880 y la Prueba de Esfericidad de Bartlett arrojó un valor de 7348.9,  $gl= 91$  y  $p=.00$ ; es decir, el análisis es apropiado y la fuerza de las correlaciones es alta.

Asimismo, el análisis factorial realizado explica en su conjunto el 58.4 % de la varianza.

TABLA XXV. ANÁLISIS FACTORIAL – MATRIZ DE COMPONENTES ROTADOS.

	Componente			
	1 34.5%	2 8.9%	3 7.5%	4 7.3%
Angel Diablo (puntaje diablo)	-.541	-.473		
Repartiendo Leche (nivel máximo)	.706			
Cubos de Corsi (nivel máximo)	.671			
Stroop Día-Noche (aciertos)		.789		
Clasificación de Cartas I (aciertos)	.544		.481	
Clasificación de Cartas II (aciertos)			.710	
Dígitos en Regresión (nivel	.762			
Cartero (nivel máximo)	.571	.366		
Cajones (perseveraciones)				.808
Puño dedo (puntaje total)		-.747		
Falsa creencia (compuesto)	.688			
Juego de la Apuesta (elecciones ventajosas)			.745	
Laberintos (nivel máximo)	.611	.427		
Demora de regalo número de veces que volteo				.597

Método de Extracción: Análisis de Componentes Principales. Método de Rotación: Varimax con Normalización Kaiser.

TABLA XXVI. COMPONENTES-ANÁLISIS FACTORIAL.

Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4
Ángel Diablo Repartiendo Leche Cubos de Corsi Falsa Creencia Clasificación de Cartas I Dígitos en Regresión Cartero Laberintos	Stroop Día- Noche  Puño dedo	Clasificación de Cartas II  Juego de la Apuesta	Demora de Regalo  Cajones

## RELACIÓN ENTRE LA BATERÍA DE FUNCIONES EJECUTIVAS- PREESCOLAR Y LA ESCALA MCCARTHY DE APTITUDES Y PSICOMOTRICIDAD PARA NIÑOS

La siguiente tabla muestra la correlación entre la ejecución de las pruebas de la *Batería de Funciones Ejecutivas-Preescolar* y las escalas y pruebas de la *Escala McCarthy de aptitudes y psicomotricidad para niños*.

**I Ángel-Diablo** Puntaje Diablo; **II Repartiendo Leche Nivel**; **III Cubos de Corsi** Nivel; **IV Día Noche** Aciertos; **V Clasificación de Cartas I** Aciertos; **VI Clasificación de Cartas II** Aciertos; **VII Díg regresión** Nivel; **VIII Cartero** Nivel; **IX Cajones** Perseveraciones; **X Puño Dedo** Total errores; **XI Apuesta** Cartas A; **XII Laberinto** Nivel; **XIII Falsa Creencia** (compuesto); **XIV Demora** No.Volteo total

TABLA 25. ESCALA MC CARTHY Y FUNCIONES EJECUTIVAS (CORRELACIÓN DE PEARSON)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
<b>Verbal</b>	-.24	.22	.13	.08	<b>.29*</b>	- .13	<b>.26*</b>	<b>.29*</b>	.06	.01	- .09	.15	.13	.20
<b>Perceptivo</b>	-.13	.15	<b>.27*</b>	-.10	.09	- .13	.15	<b>.49**</b>	-.13	-.13	.16	<b>.47**</b>	.07	.12
<b>Numérico</b>	<b>-.31*</b>	<b>.32*</b>	.23	.24	.31*	.01	<b>.46**</b>	<b>.39**</b>	-.12	-.03	- .07	.21	.07	-.15
<b>General</b>	<b>-.30*</b>	<b>.29*</b>	<b>.37**</b>	.18	.29*	- .19	<b>.34**</b>	<b>.54**</b>	-.02	-.01	.03	<b>.33*</b>	.16	-.10
<b>Memoria</b>	<b>-.27*</b>	.21	.20	.14	.33*	- .07	<b>.41**</b>	<b>.34*</b>	.07	-.04	.01	.23	.17	-.07
<b>Motricidad</b>	-.01	.09	.21	-.01	.06	- .04	.18	<b>.30*</b>	-.12	.06	.07	<b>.34**</b>	.24	.14
Construcción	-.04	.13	.06	-.16	.06	.02	.20	<b>.36**</b>	.03	-.12	.09	.12	.24	.04
Rompecabezas	-.13	-.15	.10	.02	.05	- .15	.03	.22	<b>-.26**</b>	- <b>.26*</b>	.05	<b>.34**</b>	.01	.01
Memoria Pictórica	-.13	.16	-.01	.04	.07	.02	-.09	.02	.21	-.20	.02	-.05	.03	.02
Vocabulario	-.16	.18	.10	-.10	<b>.38**</b>	.02	.20	.20	.03	-.08	- .01	.02	.20	-.07
Cálculo	-.10	.15	-.05	.12	.04	- .20	.10	.01	-.12	-.11	- .20	.01	.13	.01
Mem verb 1	-.19	.02	.08	.12	.21	- .07	<b>.29*</b>	<b>.37**</b>	.09	-.02	- .07	.18	.07	-.15
Mem verb 2	-.17	.07	.10	.05	.21	- .22	.11	-.01	.19	.13	.02	.15	.10	.15
Dig prog	-.07	.09	.17	<b>.32*</b>	<b>.31*</b>	.01	.19	<b>.28*</b>	.00	-.24	.12	-.01	.00	-.11
Dig reg	-.20	<b>.26*</b>	.21	-.02	.20	.04	<b>.54**</b>	<b>.26*</b>	-.15	.06	- .02	<b>.27*</b>	.18	-.11
Fluidez	-.13	.15	.08	.17	.09	- .17	.19	.21	-.05	.09	- .08	.12	.15	- <b>.35**</b>
Recuento	- <b>.41**</b>	.22	<b>.45**</b>	.24	.18	- .07	<b>.45**</b>	<b>.49**</b>	-.07	-.06	- .04	<b>.37**</b>	.09	-.06
Conceptos	.01	.23	<b>.25*</b>	-.04	.20	- .01	.10	<b>.30*</b>	-.23	.17	- .11	.07	.14	.01
Opuestos	-.03	.19	-.02	-.02	.15	.06	.09	<b>.25*</b>	.00	-.01	.02	.21	.20	.00

\*\* Significancia < .01

\* Significancia < .05

De esta tabla se desprende que las escalas de la prueba Mc Carthy correlacionan con diferentes pruebas de funciones ejecutivas:

Verbal – *Clasificación de Cartas I, Dígitos en Regresión y Cartero.*

Perceptivo – *Cubos de Corsi, Cartero y Laberintos.*

Numérico – *Ángel-Diablo, Repartiendo Leche, Clasificación de Cartas I, Dígitos en Regresión y Cartero.*

General Cognitivo– *Ángel-Diablo, Repartiendo Leche, Cubos de Corsi, Clasificación de Cartas I, Dígitos en Regresión, Cartero y Laberintos.*

Memoria - *Ángel-Diablo, Clasificación de Cartas I, Dígitos en Regresión y Cartero.*

Motricidad – *Cartero y Laberintos.*

Es decir, las escalas mantuvieron una correlación significativa prioritariamente con pruebas de planeación y memoria de trabajo y en menor grado con pruebas de inhibición y flexibilidad. Asimismo, se observó que las pruebas *Stroop Día-Noche, Clasificación de Cartas II, Cajones, Puño-Dedo, Juego de la Apuesta, Falsa Creencia y Demora del Regalo*, no mantuvieron ninguna correlación significativa con ninguna escala.

## VI. DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue contribuir a ampliar el conocimiento que se tiene sobre el curso de desarrollo de funciones ejecutivas en niños en edad preescolar. Con este fin se discute a continuación cada una de las hipótesis planteadas.

La primera se refirió a la existencia de diferencias significativas entre los diferentes grupos de edad respecto a la ejecución de las pruebas de la Batería de Funciones Ejecutivas Preescolar. Como se observó en el apartado anterior, dicha hipótesis fue confirmada para todas las pruebas a excepción de la prueba Juego de la Apuesta. A continuación se analizan tales resultados.

### *EFECTO DE LA EDAD*

#### *Inhibición*

La prueba *Ángel-Diablo* resultó sensible a los efectos de la edad en el aspecto inhibitorio. Particularmente se observó que las diferencias más significativas ocurrieron entre los 3.5 y los 4.5 años, lo que sugiere que este es un periodo importante de transición. Asimismo, el que no se hayan encontrado diferencias significativas en el puntaje de ángel nos indica que el factor inhibitorio fue realmente lo que se evaluó y no la capacidad para seguir instrucciones u otra habilidad relevante para la ejecución. Adicionalmente, contrario a lo encontrado por Carlson et al. (2004), la diferencia entre los niños de 3 y 4 años sí resultó significativa ( $t=3.85$ ;  $p<.001$ ). Tal diferencia puede ser atribuida al tamaño de la muestra ( $n=49$  vs  $n=104$ ).

La prueba *Stroop Día-Noche* también resultó ser sensible a la edad, observándose un cambio significativo a partir de los 4 años y medio en la capacidad para inhibir la respuesta. Estos datos concuerdan con el estudio de Gerstadt et al. (1994), en cuanto a que las principales diferencias se encontraron en los últimos cuatro ensayos, en los que fue a partir de los 4 años que hubo una mejor ejecución. En los primeros cuatro ensayos se observa un puntaje relativamente alto en los grupos más jóvenes, y se mantiene a través de los diferentes grupos. En todos los

grupos de edad el número promedio de aciertos en los primeros cuatro ensayos fue mayor que en los últimos cuatro, diferencia que era más acentuada entre más jóvenes fueran los grupos. Gerstadt et al. (1994) concluyen al respecto que no se debe a un problema de memoria de trabajo, ya que los niños son capaces de mantener una regla en mente por el mismo tiempo en una tarea control. Esto puede deberse a una dificultad para mantener una regla y una respuesta inhibitoria de modo simultáneo durante cierto tiempo y también a un problema para dominar lo cognitivo sobre lo conductual, pues al parecer los niños no tienen problema para saber lo que deben hacer en la tarea.

En cuanto a la relación entre tiempo y número de aciertos se encontró una correlación significativa positiva en los niños de 3 a 3.4 pero negativa en los niños de 3.5 a 3.9. De modo que los niños del primer grupo tenían mayor número de aciertos entre mayor tiempo tomaban, mientras que la rapidez de los de 3.5 a 3.9 reflejaba una mejor ejecución.

Respecto a la prueba *Puño-Dedo*, también se observa un progreso en la ejecución según la edad, y que a los 4 años es cuando ocurre una mejora significativa. La dificultad del niño para inhibir ocurría de manera total, es decir, fue poca la ocurrencia de errores parciales y no hubo una gran diferencia entre los grupos de edad respecto a este puntaje.

Se observa que las dos tareas de Inhibición de Conflicto (*Stroop Día-Noche* y *Puño-Dedo*) muestran una mejora significativa a los cuatro años, a pesar de que una contiene un componente motor y la otra un componente conceptual; mientras que la tarea de Inhibición de espera (*Ángel-Diablo*) muestra una mejora significativa poco antes –a los 3.5 años-. Esto indica que los niños son capaces de inhibir cierta respuesta desde los 3.5 años, pero dicha capacidad es dificultada ante la instrucción de ejecutar una respuesta opuesta, lo cual logran hasta los 4 años. Las tareas de conflicto son más difíciles porque el niño debe inhibir ante todos los estímulos presentados y evocar un patrón de respuesta que depende del tipo de estímulo.

La mejora de una respuesta inhibitoria con componente motivacional, en la prueba *Demora de regalo*, ocurre de manera muy gradual, de modo que sólo existen diferencias significativas entre los grupos de los extremos (3 a 3.4 y 6 a 6.4) . Adicionalmente, aunque el procedimiento utilizado en el estudio de Carlson et al. (2004) es ligeramente diferente al utilizado en el presente, ambos coinciden en que las diferencias entre los niños de 3 y 4 años no resultan significativas. Como mencionan estos autores, esta prueba difiere de las dos mencionadas anteriormente en que esta no requiere el uso de memoria de trabajo, es una tarea de espera (se requiere que la respuesta a inhibir sea pospuesta) e involucra una carga afectiva.

Hay una diferencia clara entre el desarrollo de las tres primeras tareas de inhibición mencionadas y la tarea de *Demora de Regalo*. En las tres primeras no existen diferencias significativas después de los 4 años y medio, y en *Demora de Regalo* no existen diferencias significativas entre grupos contiguos; esto nos indica, además de que las tareas involucran procesos distintos, que las regiones cerebrales relacionadas tienen un curso de evolución diferente. Este punto se retomará cuando se examine la relación entre los diferentes procesos.

### *Flexibilidad*

En la prueba de *Clasificación de Cartas I* hubo una mejora gradual a través de los seis grupos de edad, pero el punto en el que resultó significativa la diferencia fueron los cinco años de edad, similarmente a lo que Zelazo (1996) reportó respecto a las diferencias entre niños de 3 y 5 años.

Dado que las diferencias significativas para errores sólo fueron encontradas entre los grupos de los extremos y que no hubo diferencias significativas respecto a los errores de mantenimiento, se asume que las diferencias respecto a la ejecución se debieron principalmente a las perseveraciones para mantener o regresar al

criterio equivocado. En este sentido, los niños de 3 y 4 años eran los que tendían a perseverar más: no se percataban de su error y lo repetían de manera inmediata. Respecto a las perseveraciones de criterio, eran los niños de 3 a 3.4 los que regresaban más al criterio equivocado, lo cual indica que no podían mantener el criterio acertado durante los cinco ensayos de los dos bloques *post switch*, lo cual era poco frecuente en los niños mayores de cinco años.

Para la prueba de *Clasificación de Cartas II* se observa una mejora gradual, de modo que sólo existen diferencias significativas entre los grupos de los extremos respecto a los aciertos.

El incremento de errores simples conforme a la edad, puede deberse a que los niños más grandes ya no cometían errores de otro tipo, como perseveraciones simples y de criterio, los cuales son más graves ya que reflejan una falta de estructura cognitiva. Es decir, los niños cometían errores al intentar adivinar el criterio en curso, pero no cometían el error de intentar ese mismo criterio inmediatamente o después, lo cual indica una mayor flexibilidad y una mayor estructuración mental.

En la prueba de *Cajones*, al observar que no existen diferencias respecto al número de aciertos pero sí respecto al número de errores y perseveraciones, indica que los niños más grandes, hacían más elecciones del cajón correcto, pero que cambiaban de elección al ensayo siguiente, es decir pocas veces aprendían que el dulce se encontraría repetidas veces en el mismo cajón, premisa que se había planeado para la prueba: el objetivo era que el niño aprendiera a encontrar el dulce en el mismo cajón, para que en el siguiente bloque (diferente cajón) se evaluará su flexibilidad para cambiar el patrón de búsqueda. No obstante, el número de perseveraciones es en sí mismo un buen criterio, pues el niño que no ha encontrado el dulce en un cajón, cambiará de estrategia si es flexible.

No existe un patrón de desarrollo común en la ejecución de estas pruebas; sin embargo, en las tres pruebas se observó que son los niños de 3 a 3.9 años de edad los que perseveran más de modo significativo. No se observó nada similar para las perseveraciones de criterio, los errores o los errores de mantenimiento. La tarea de *Clasificación de Cartas II* implica un reto mayor para los niños pequeños, pues además de adquirir flexibilidad, deben poseer esquemas conceptuales y de deducción para tener éxito en esta tarea. Por esta razón, quizá el mejor indicador de flexibilidad en esta prueba en niños pequeños sea el número de perseveraciones simples, medida que fue la única que resultó sensible en la prueba de los *Cajones*.

### *Memoria de Trabajo*

En la prueba de *Repartiendo Leche*, que evalúa memoria de trabajo intermodal, se observó una mejora gradual a través de los diferentes rangos de edad, sin embargo, la edad a partir de la cual pudieron observarse diferencias significativas fue a los cinco años.

Similarmente a lo reportado por Luciana y Nelson (1998) respecto a la ejecución de la versión computarizada de los *Cubos de Corsi*, en este estudio se encontró que la ejecución de los niños de 5 años no difería de la ejecución de los niños de 6 años, pero ambas diferían de la ejecución de los niños de 4 años; adicionalmente en este estudio se observó que los niños de 4 años no diferían de los niños de 3.5 a 3.9 años en esta prueba, aunque sí de los de 3 a 3.4.

El curso de progreso de la prueba *Dígitos en Regresión* es muy similar al curso de la prueba *Cubos de Corsi*, sin embargo esta prueba, que evalúa memoria de trabajo verbal, resultó considerablemente más difícil que las dos pruebas anteriores. Al respecto se ha argumentado que la familiarización que los niños tengan con la información numérica puede influir de manera considerable en la ejecución de esta prueba y en el presente estudio se notó que esta prueba correlaciona positiva y significativamente con diferentes escalas numéricas de la

prueba Mc Carthy, aunque lo mismo se observó para la prueba de *Cubos de Corsi*; por tal motivo, podemos pensar que la información verbal puede de hecho representar mayor carga cognitiva en los niños en edad preescolar que la información visual, sin embargo no es suficiente evidencia para determinar tal diferencia de manera concluyente.

Por otro lado, aunque el objetivo inicial de la prueba *Repartiendo Leche* fue evaluar memoria de trabajo intermodal (visoespacial y verbal), el hecho de que no haya correlacionado con las pruebas de memoria verbal y de que los niños no emitieran el nombre de los personajes cuando ejecutaban la tarea, nos sugiere que la información verbal pudo haber resultado un medio de interferencia durante el registro de la información visual. De este modo, aunque esta prueba y la prueba *Cubos de Corsi* son bastante parecidas en su ejecución, esta última resultó más fácil de ejecutar, pero el curso evolutivo de ambas pruebas fue casi idéntico.

La prueba *Cubos de Corsi* presentó mejoras significativas a los 3.5 y a los 5 años; *Repartiendo Leche* a los 5; y *Dígitos en Regresión* una mejora significativa continua de los 3.5 a los 5 años. Estos datos indican que la memoria de trabajo visoespacial (*Cubos de Corsi* y *Repartiendo Leche*) y la memoria de trabajo verbal (*Dígitos en Regresión*) presentan cursos evolutivos diferentes.

#### *Planeación.*

En la prueba del *Cartero* se pudo observar un periodo de transición de los 4 a los 4 1/2 años, edad a partir de la cual ya no se encontraron diferencias significativas. En el presente estudio se encontraron resultados similares a los de Carlson et al (2004), ya que la ejecución de los niños de tres años difirió significativamente de la ejecución de los niños de 4 años ( $t=-5.01$ ;  $p = .00$ ). Esto indica, que durante este periodo, el niño adquiere cierta capacidad de utilizar determinada información y anticipar hechos para lograr una meta, así como una mayor estructuración en su pensamiento y razonamiento (si necesito esto... entonces hago esto).

Respecto a los *Laberintos*, se observa que también en el periodo de 4 a 4 ½ ocurre un progreso importante, de modo que su nivel máximo aumenta de manera significativa. Asimismo, los niños de 3 a 4 ½ cometen considerablemente más errores de atravesar caminos que los niños mayores y que a menudo optan por esta opción antes de regresarse por el mismo camino.

### *Toma de Decisiones*

A diferencia de lo reportado por Atance y Jackson (2009) y similarmente a lo encontrado por Carlson et al. (2004), en el presente estudio no se encontraron diferencias entre la capacidad de los niños de 3 y 4 años para posponer la gratificación, pero sí se observó que los niños de 5 años ya presentaban tal capacidad, lo cual también fue reportado por Atance y Jackson (2009). No obstante, cabe mencionar que el procedimiento utilizado en este estudio es considerablemente diferente al utilizado en los estudios anteriores, ya que en nuestro estudio el evaluador no abandona el cuarto y espera un minuto (en los estudios anteriores esperaban de cinco a ocho minutos) y se consideró la respuesta verbal como medida, pues ya que solamente cinco niños de la muestra total cambiaron de opinión durante el periodo de espera, la respuesta conductual no fue considerada en el análisis.

A pesar de lo anterior, la prueba resultó sensible a los efectos de la edad, pues la opción elegida por los niños de 3 a 4.9 años era la misma que lo esperada por el azar, mientras que los niños de 5 a 6.4 años escogían más la opción 2 (recompensa demorada) que lo esperado por el azar. Es decir, a partir de los 5 años los niños son capaces de controlar el impulso de obtener una gratificación inmediata y esperar por una recompensa más conveniente y lo que es más importante, que tal elección es intrínseca, en base a su propia valoración pueden tomar mejores decisiones.

Respecto al *Juego de la Apuesta*, solamente se encontraron diferencias significativas entre los grupos de los extremos al usar la prueba t. Cabe señalar que las diferencias encontradas en el estudio realizado por Kerr y Zelazo (2004) entre los niños de 3 y 4 años, fueron observadas en los últimos 25 ensayos (de 50); en el presente estudio incluimos 30 ensayos y solamente observamos un cambio significativo a través de la prueba (entre los primeros y últimos 15 ensayos) en los niños de 5 y 6 años ( $t= 5.09$  y  $3.36$ ,  $p<.005$ ).

Aunque la prueba utilizada en este estudio es ligeramente diferente a la aplicada por Kerr y Zelazo(2004), en ambos resultados se observó una gran dispersión de los datos, de modo que en cada rango de edad se encuentran individuos que realizan mayoritariamente elecciones ventajosas, así como sujetos que realizan mayoritariamente elecciones desventajosas. Los autores citados aluden a que la personalidad puede jugar un efecto importante, tal como se ha observado en población adulta con las *Cartas de Iowa*. Se propone que además de la personalidad, el temperamento (rasgos adquiridos de manera hereditaria) puede jugar un papel importante, pero también circunstancias del medio ambiente del individuo tales como estilos parentales de las familias de los participantes.

Adicionalmente, no se observó una diferencia progresiva con la edad sobre el nivel de conciencia que los niños habían adquirido sobre la prueba, es decir, sobre su conocimiento de cuáles eran las mejores cartas, tal como lo reportaron Garon y Moore (2004). Solamente se observó que los niños de 4 años, sabían cuáles eran las mejores cartas más de lo esperado por el azar; sin embargo, esto no se observó en ningún rango de edad mayor.

El saber si los niños adquirieron conciencia sobre la tarea resulta relevante, pues nos permite ahondar sobre si la ejecución de los niños en esta tarea se debe a su capacidad para ponderar el conocimiento que tienen sobre cierta situación y la acción que deben realizar en consecuencia (que constituye una premisa para la buena toma de decisiones) o si pudo deberse a la capacidad de los niños para percatarse de las circunstancias del juego, como considerar tanto las ganancias

como las pérdidas obtenidas respecto a la elección hecha. Kerr y Zelazo (2004) opinan que la incapacidad para conciliar dos reglas diferentes y aparentemente contradictorias bajo una regla de mayor orden (Teoría del Control y Complejidad) puede explicar la mala ejecución de los niños de 3 años. Sin embargo, en su estudio no fue valorado el nivel de conciencia de la tarea. Dados los resultados encontrados al respecto, se puede inferir que fue en parte la incapacidad para percatarse –al menos de manera conciente- de las circunstancias del juego lo que influyó en las elecciones del individuo.

En este marco cabe hacer mención a la marcada correlación observada entre la respuesta a la pregunta *¿Cuáles son las mejores cartas?* y el número de elecciones ventajosas realizadas por los participantes. Es decir, una mayor conciencia del juego se asoció de hecho con una mejor toma de decisiones.

De forma tentativa se puede decir que a los cinco años ocurre una transición, por los resultados en *Demora de la Gratificación* y porque los niños de esta edad muestran una mejora a través de los ensayos en *Juego de la Apuesta*.

Por lo mencionado, se concluye que es necesaria mayor investigación y estudios sobre pruebas para evaluar la percepción de riesgos y beneficios (y la consecuente toma de decisiones) en niños de esta edad, ya que no queda claro si las pruebas utilizadas son limitadas (particularmente el *Juego de la Apuesta*) o si la maduración de la corteza orbitofrontal en este periodo, sigue efectivamente un curso particular para cada individuo dependiendo de sus condiciones idiosincráticas.

#### *Teoría de la Mente.*

Ambas pruebas de falsa creencia fueron sensibles a la edad y mostraron un progreso análogo, los niños de 3 a 3 ½ respondieron de manera incorrecta más que lo esperado por el azar, mientras que los niños de 5 a 6 ½ en el caso de la prueba de *Falsa Creencia de Contenido* y los niños de 5 ½ a 6 ½ en el caso de la

prueba de *Falsa Creencia de Lugar* respondieron de manera correcta más que lo esperado por el azar.

Por otro lado, contrariamente a lo observado por Carlson et al (2004), en este estudio se observó que la precisión de las respuestas en ambas pruebas fue diferente en los niños de 3 años y en los de 4 ( $t=2.79$ ,  $p=.006$ , *FC Lugar*;  $t= 2.54$ ,  $p=.01$ , *FC Contenido*).

Se puede entender que la mayoría de los niños contesten correctamente a partir de los 5 o 5 1/2 años, ya que este proceso implica contrastar dos tipos de información, una verdadera y otra falsa, percatarse de que otro ser tiene una perspectiva diferente e inhibir la información real que se posee para dar lugar a la comprensión de la visión del otro. De este modo, este proceso involucra un componente social (asumir al otro como una entidad con pensamientos y sentimientos propios) y un componente racional.

Si se toma en cuenta la edad en que se observaron las principales diferencias estadísticas respecto a la ejecución, se tiene que la inhibición de respuestas mostró un desarrollo más temprano que el resto de los procesos (3.5-4 años); seguido por la memoria de trabajo verbal (3.5 – 5 años) y memoria de trabajo visoespacial (3.5 y 5 años); por la planeación (4-4.5 años); flexibilidad (4 – 5 años); Teoría de la Mente (4 y 5) y Toma de Decisiones (5 años). En el caso de la inhibición afectiva (*Demora del Regalo*), sólo se vio un cambio entre el grupo de 3-3.4 y el grupo de 5 a 6.4 años, por lo que no se puede establecer un punto específico de transición.

Esta secuencia podría ser explicada con el modelo de Barkley (1997), según el cual la inhibición es la piedra angular de los procesos ejecutivos. De este modo, la inhibición es necesaria para omitir la información irrelevante en la memoria de trabajo- involucrada en proceso más complejos como la planeación- o la respuesta predominante en la flexibilidad. El que la memoria de trabajo verbal muestre un

rango amplio donde se hallan diferencias significativas resulta relevante, pues se puede entender que por su funcionalidad sea un proceso que esté en constante evolución. Asimismo, todas estas habilidades cognitivas contribuyen a que el niño domine el componente racional de la Teoría de la Mente antes mencionado, pero también se asume que el componente social se desarrolla en este periodo, pues ambos elementos son necesarios en este proceso. Finalmente, resulta interesante notar que aunque el niño es capaz de inhibir respuestas motoras desde los 4 años, el niño no pueda inhibir por elección propia una respuesta afectiva hasta los cinco años (*Demora de la Gratificación /Toma de Decisiones*).

El modelo que relaciona estos procesos con áreas de la CPF planteado en este estudio asume que la Toma de Decisiones está estrechamente ligada con la corteza orbitofrontal. Como se observó en el marco teórico las áreas ventrales maduran antes que las dorsales; el hecho de que la Toma de Decisiones muestre un progreso tardío en relación con las otras pruebas que implican más áreas dorsales, y a que la prueba de Inhibición afectiva haya mostrado un progreso lento se puede deber a que la función de las áreas orbitales en estadios tempranos sea proporcionar un valor motivacional a los diferentes estímulos, pero el control de los impulsos que provocan tales relaciones se establece más tarde. Asimismo, aunque estructuralmente las regiones orbitales se desarrollen antes que las regiones dorsales, el incremento del volumen de la sustancia blanca es más pronunciado en la CPFDL que en la COF, durante la infancia. (Casey et al. 2000)

### *EFEECTO DEL SEXO*

La segunda hipótesis planteó que existen diferencias significativas en la ejecución de las pruebas de la Batería de Funciones Ejecutivas respecto al sexo de los participantes, lo cual se confirmó al hacer el análisis por grupos de edad en años para las pruebas: *Ángel Diablo*, *Cubos de Corsi*, *Stroop Día Noche*, *Clasificación de Cartas I*, *Clasificación de Cartas II* y en el *Juego de la Apuesta*. Por medios

años, la hipótesis fue confirmada para las pruebas *Stroop Día Noche* y *Juego de la Apuesta*.

En la prueba *Ángel Diablo* se encontró que los niños de 4 años cometían más errores parciales en la prueba que las niñas, es decir controlaban el impulso una vez que la respuesta conductual ya había sido iniciada, mientras que las niñas inhibieron antes de ejecutar algún movimiento. Asimismo al realizar el mismo análisis por grupos de medios años, se observa que las niñas de 4 ½ - 5 años tienen más aciertos en la prueba *Stroop Día-Noche*. Estos datos de manera conjunta sugieren que las niñas adquieren un control inhibitorio más tempranamente que los niños, dicha observación puede explicarse de manera ambiental-cultural y de manera biológica. La primera alude a que es sabido que la educación familiar y social que se le brinda a un individuo varía dependiendo de su sexo y se espera que las niñas tengan un mayor control sobre diferente tipo de respuestas. La segunda, a que el curso de la maduración cerebral es diferente de acuerdo al sexo del individuo y a áreas específicas (Overman, 2004).

Por otro lado, en el estudio de Gerstadt et al (1997) se encontró que las niñas tardaban significativamente más en ejecutar la prueba *Stroop Día- Noche*; en el presente estudio también se observó que las niñas tomaban más tiempo en la tarea, sin embargo la diferencia no fue significativa. Fue solamente en el rango de 4 a 5 años, que el nivel de significancia fue de .065 ( $t=1.91$ ), edad en la que se encontraron las diferencias de acuerdo a la ejecución. Puede ser entonces que las niñas tomen más tiempo para ejecutar la inhibición cognitiva antes de ejecutar cualquier movimiento, mientras que los niños toman menos tiempo teniendo cierto costo en la precisión de sus respuestas.

La segunda diferencia encontrada fue en la ejecución de los *Cubos de Corsi*, prueba en la que las niñas alcanzaron un mayor nivel a los 3 años, aunque no se encontraron diferencias en años subsecuentes. Al respecto, Luciana y Nelson (1996), encontraron que los niños tenían una mejor ejecución a los 4, 6, 7 años y

en la edad adulta, pero el patrón era inverso a los 5 y 8 años, en la versión computarizada con una muestra aproximada de 30 niños por cada año de edad (15 niños y niñas).

Dado que la prueba clásica de Stroop involucra el área prefrontal lateral derecha en población adulta (Schroeter et al, 2004), así como la prueba de *Cubos de Corsi* (Luciana y Nelson, 1996), se puede suponer que existen patrones ligeramente diferentes de desarrollo para esta área particular en niños y en niñas, sin embargo el curso de este patrón permanece ambiguo dados los datos mencionados.

Por otro lado se observa que de 3 a 4 años los niños muestran mayor número de intrusiones que las niñas, esto se debe a que en este rango de edad cinco niños, y sólo una niña, hicieron la sustitución de las palabras *día* y *noche* por *sol* y *luna*, aunque sí presentaron la respuesta inhibitoria correspondiente (p/e.- decir *sol* si se le presentaba la tarjeta de noche). Una posibilidad es que estos niños hayan conjugado las reglas del juego en una sola como “decir lo contrario”; o que estos conceptos estén sobrepuestos dentro de sus representaciones mentales (sol=día y luna=noche); o bien, a que se hayan dejado llevar por los estímulos concretos de los dibujos de las cartas.

También se observó que los niños cometían más errores simples a los 4 años y más errores de mantenimiento a los 5, en la primera parte de clasificación de cartas; sin embargo en este rango no hubo diferencias respecto a las perseveraciones simples, perseveraciones de criterio o aciertos, lo cual parece indicar que esta diferencia de acuerdo al sexo, no se debe a una diferencia de flexibilidad, sino a otros factores tales como la falta de concentración en la tarea.

Sin embargo, para la segunda parte de esta prueba se encontró que las niñas presentaban más perseveraciones de criterio que los niños a los 6 años; es decir, regresaban al mismo criterio equivocado después de varios ensayos. Ya que la ejecución de esta prueba en población adulta involucra la corteza dorsolateral anterior derecha (Marengo, et al, 1993), este dato puede ser un indicador de la

diferencia del curso de evolución en esta región de acuerdo al sexo antes mencionada.

Por último, a diferencia de lo reportado por la literatura, en este estudio no hubo diferencias significativas en el *Juego de la Apuesta*, sin embargo para los cuatro años el nivel de significancia fue de .07 y al hacer el análisis por medios años, la diferencia fue significativa para los 3 – 3 ½ y 4 ½ a 5 años; en todos los casos la diferencia favorecía a las niñas: ellas hacían elecciones más ventajosas tal como lo reportó Garon y Moore (2004) y a diferencia de lo encontrado por Kerr y Zelazo (2004) y Overman (2004). Es decir, existe evidencia de que la maduración de la corteza orbitofrontal tiene un curso diferente en niños y en niñas, pero el patrón queda aún por esclarecerse.

Se sugiere que en futuras investigaciones se utilice una muestra más grande para esclarecer los patrones de maduración en ambos sexos.

#### *RELACIÓN ENTRE LAS DIFERENTES FUNCIONES EJECUTIVAS (AGRUPACIÓN EN FACTORES)*

La tercer hipótesis estableció que es posible agrupar las diferentes pruebas de la Batería de Funciones Ejecutivas en factores, lo cual sucedió y se analiza a continuación.

En el análisis factorial se puede observar que las tareas de memoria de trabajo, las de planeación, la de *Ángel-Diablo* (inhibición de espera), la tarea de *Clasificación I* (flexibilidad) y el compuesto de Teoría de la Mente conformaron un solo componente que se caracteriza por reunir las tareas “frías”, de acuerdo a la definición de Zelazo (2004), que involucran principalmente un factor cognoscitivo (CPF dorsolateral).

El segundo factor fue constituido exclusivamente por las tareas de Inhibición de Conflicto (*Stroop Día-Noche* y *Puño Dedo*); las cuales involucran la CPF dorsolateral y corteza del cíngulo (Leung et al., 2000; Casey et al. 1997). Con este componente se establece la importancia de distinguir tareas inhibitorias de espera y de conflicto: ya que las tareas de *Puño Dedo* y *Stroop Día-Noche*, requieren suprimir una respuesta dominante y ejecutar una respuesta opuesta, a diferencia de la prueba *Ángel Diablo*, la cual requiere sólo suprimir la respuesta dominante en cierta circunstancia. No obstante cabe notar que esta última prueba si bien tuvo un peso importante en el componente uno (-.54), su peso no fue desdeñable en el segundo componente (-.47), por lo que a pesar de que son distinguibles los procesos, mantienen un factor común. También cabe recalcar la importancia de distinguir entre inhibición cognitiva e inhibición afectiva: la prueba *Demora de Regalo*, supone un componente inhibitorio, pero destaca el hecho de que no haya quedado agrupada con ninguna de las pruebas anteriores lo que se adjudica al hecho de que es un prueba con un alto componente motivacional.

El *Juego de la Apuesta* (toma de decisiones) y *Clasificación de Cartas II* (flexibilidad) formaron el tercer componente; es decir, una prueba caliente (CPF orbitofrontal) y una fría (CPF DL). La asociación en un componente de estas tareas puede deberse a que ambas involucran labores de retroalimentación, y por tanto automonitoreo, el cual a su vez involucra atención, resolución de conflictos, corrección, control inhibitorio y autorregulación; por lo que más que atribuir este componente a la CPF DL y a la COF, podría vincularse más a regiones mediofrontales que median procesos de automonitoreo (Shimamura, 2000). Cabe destacar el hecho de que la prueba *Clasificación de Cartas I*, obtuvo cierto peso (.48) en este componente, lo que indica que conserva un factor común con *Clasificación de Cartas II* y *Juego de la Apuesta*. Es posible que tal prueba requiera los procesos de automonitoreo mencionados, o bien, que la prueba *Juego de la Apuesta* involucre procesos de flexibilidad. Ambas hipótesis son posibles y compatibles entre sí.

El último factor conjuntó *Cajones* (flexibilidad) y *Demora de Regalo* (inhibición afectiva); lo que involucra las tres áreas funcionales de la CPF (dorsolateral, medial y orbital); ya que se ha observado que tales regiones se activan en niños de 8 a 10 años, durante una actividad de autorregulación emocional (Lévesque, et al, 2005) y la CPF DL está relacionada a procesos de flexibilidad (Diamond et al., 2000). No parece claro el por qué estas tareas quedaron agrupadas en un factor; aunque ambas comparten cierto grado de inhibición (con carga afectiva) requerida, impaciencia por descubrir (curiosidad) y cierta labor de verificar (en el caso de *Demora de Regalo*, verificar qué regalo es o si ya está listo y en el caso de *Cajones*, verificar que el dulce no esté donde ya se ha visto).

El análisis factorial obtenido apoya parcialmente la relación entre memoria de trabajo e Inhibición antes planteada (Sweeney et al, 2000, Tsujimoto, 2008; Liebermann et al, 2007; Davidson et al. 2006), ya que por lo anteriormente dicho, sólo se apoyaría la relación de memoria de trabajo con inhibición cognitiva de espera. Sin embargo, Liebermann et al (2007) ocuparon en su estudio la tarea de *Demora de Regalo* y la tarea de *Regalo Inesperado* (la cual posee también una carga afectiva) y Davidson et al (2006) la tarea de *Flechas* (tarea de conflicto), por lo que al ser la Inhibición un concepto tan complejo y diversificado, esta relación queda aún en debate.

### *RELACIÓN ENTRE FUNCIONES EJECUTIVAS E INTELIGENCIA Y LENGUAJE*

La última hipótesis planteó que existe cierta relación entre las pruebas de la Batería de Funciones Ejecutivas y la escala Verbal y el Índice General Cognitivo de la *Escala Mc Carthy*. Dicha hipótesis fue confirmada sólo para algunas pruebas como se observa a continuación.

#### *Inteligencia*

Al analizar la correlación entre los factores de la *Escala McCarthy de aptitudes y psicomotricidad para niños* y las pruebas de funciones ejecutivas, se encontró que

el Índice General Cognitivo mantiene una correlación significativa con: *Ángel-Diablo*, *Repartiendo Leche*, *Cubos de Corsi*, *Categorización A*, *Dígitos en Regresión*, *Cartero* y *Laberintos*. Todas estas pruebas fueron reunidas en el primer componente del análisis factorial, cuyo sustrato anatómico común se adjudicó a la CPDL.

El Índice General Cognitivo se compone de las escalas Verbal, Numérico y Memoria. La primera la se analizará más adelante. La escala Numérico, la cual es considerada como un tipo de inteligencia fluida, correlacionó con *Ángel-Diablo*, *Repartiendo Leche*, *Clasificación de Cartas I*, *Dígitos en Regresión* y *Cartero*, lo cual también coincide con el componente uno antes mencionado. La escala Memoria, un tipo de inteligencia cristalizada, correlacionó con las mismas que la escala Numérica, a excepción de la prueba *Repartiendo Leche*.

La prueba de FE que tuvo mayor número de correlaciones y de mayor valor con las pruebas de la *Escala Mc Carthy*, fue la del *Cartero*, la cual es una de las más complejas y que probablemente es la que implica de un modo más directo la resolución de problemas. Por otro lado, la prueba de la Escala Mc Carthy que tuvo mayor relación con las FE fue la prueba de *Recuento*, la cual evalúa la capacidad de contar y distribuir elementos y que requiere cierto nivel de abstracción y razonamiento. Por sus características, podría decirse que ambas se asocian con la inteligencia fluida.

Aunque se observó una relación entre Inteligencia y Funciones Ejecutivas, no se observó una distinción clara y determinante sobre la relación entre estas y la inteligencia cristalizada y/o la inteligencia fluida. La inteligencia y las FE comparten procesos cognoscitivos comunes y que se asocian a la CPDL (p/e.- memoria de trabajo). Por otro lado, resalta el hecho de que las pruebas de Inhibición - cognoscitiva y afectiva-, a excepción de *Ángel-Diablo*, no hayan correlacionado con las escalas de Mc Carthy. Por lo anterior, la diferencia entre FE e Inteligencia, probablemente radica en procesos como la autoregulación, automonitoreo y toma de decisiones.

### *Lenguaje.*

En cuanto a la escala Verbal (la cual se compone de las pruebas Vocabulario, Memoria Verbal I y Memoria Verbal II) se observó una relación con las pruebas *Categorización A*, *Dígitos en Regresión* y *Cartero*. Sin embargo, sólo la relación con *Categorización A* permaneció significativa con la prueba de *Vocabulario*, lo cual coincide con lo encontrado por Müller et al 2004. Ya que las pruebas *Cartero* y *Dígitos en Regresión* no correlacionaron con *Vocabulario* puede ser que la memoria a corto plazo haya intervenido en la relación con la escala Verbal. Por tal motivo la relación entre vocabulario y planeación y memoria de trabajo reportada por Carlson et al (2004) y Attance y Jackson (2009), no es apoyada de manera concluyente con los presentes resultados. Por último, no se observó una relación entre vocabulario e inhibición afectiva (*Demora de Regalo*) como fue encontrado por Carlson, et al (2004), por Liebermann et al (2007).

Al menos en los niños de 4-5 años, no parece claro que el vocabulario sea un elemento particularmente angular en la regulación de los procesos ejecutivos. Sin embargo, el lenguaje abarca aspectos más amplios que un repertorio verbal, tales como su función comunicativa y creadora, por lo que es posible que un repertorio básico sea suficiente para fungir como mediador. En futuros estudios que tengan por objetivo evaluar el papel del lenguaje en el desarrollo de las FE podrán aplicarse instrumentos más precisos.

## VII. CONCLUSIONES

I) Todas las pruebas fueron sensibles a los efectos de la edad, a excepción de *Juego de la Apuesta* que mostró un patrón irregular a través del desarrollo; asimismo, la ejecución en la prueba *Demora de la Gratificación* mostró un desarrollo más tardío que el resto. Estos datos parecen sugerir que la corteza orbitofrontal tiene un curso de maduración considerablemente diferente de la corteza dorsolateral, y que la maduración de la primera puede ser particularmente sensible a las condiciones del medio ambiente. Sin embargo, muchos estudios quedan por hacer sobre el desarrollo de pruebas de procesos ejecutivos que involucren una carga motivacional y afectiva para confirmar o descartar esta hipótesis.

II) Las diferencias respecto al sexo solamente fueron observadas en ciertos rangos de edad. Tales diferencias fueron observadas para control inhibitorio cognitivo de conflicto, flexibilidad, memoria de trabajo visoespacial y toma de decisiones. Aunque el análisis de estos hallazgos sugiere un patrón diferente de maduración de la CPFDL derecha y de la COF; los aportes de diferentes investigaciones arrojan datos contradictorios por lo que en futuros estudios es deseable ampliar el tamaño de la muestra.

III) El análisis estadístico arrojó componentes que se pueden clasificar en: funciones ejecutivas frías, inhibición afectiva (autocontrol), inhibición de conflicto y automonitoreo. Este último habrá de explorarse en futuros estudios con diferentes pruebas para indagar si el proceso adjudicado en este estudio realmente corresponde a las pruebas reunidas en tal factor. Adicionalmente, en tal análisis quedó dividido el constructo de flexibilidad en los tres componentes, por lo que resulta relevante el desarrollo de más pruebas que pretendan evaluar de modo más puro este proceso. Respecto al constructo de Inhibición se observó una diferencia entre las tareas inhibitorias de conflicto y las de espera, así como entre las tareas inhibitorias de tipo cognitivo-conductual y la afectiva.

IV) Las funciones ejecutivas frías mantienen una relación con la inteligencia (sin distinción de si es fluida o cristalizada), no siendo así con las funciones ejecutivas calientes y la mayor parte de los procesos inhibitorios.

V) El nivel de vocabulario no está relacionado al nivel de funcionamiento de la mayor parte de los procesos ejecutivos. Para indagar de un modo más preciso la relación entre lenguaje y funciones ejecutivas, es recomendable estudiar una muestra donde el lenguaje verbal esté en una etapa de emergencia y/o se utilicen pruebas que estudien el lenguaje de un modo más integral (vocabulario, comunicación, uso).

Limitaciones:

La muestra comprendida en este estudio es una muestra urbana de clase económica media alta, por lo que los datos presentados no son representativos de toda la población.

Adicionalmente, en este estudio no se consideraron factores de temperamento, genéticos o el tipo de educación de los sujetos, por lo que se sugiere que éstos sean estudiados en futuras investigaciones, así como que se amplíe el tamaño de la muestra para estudiar las diferencias sexuales.

## REFERENCIAS.

- Afifi, A.K., Ronald, A.B.(1999) . *Neuroanatomía Funcional, texto y atlas*. Trad. Sandoval Romero A. Mexico: McGraw Hill Interamericana.
- Anderson, V., Northam, E. Hendy, J., Wrennall, J. (2005) *Developmental Neuropsychology: A Clinical Approach*. Nueva York: Psychology Press.
- Ardila, A., (2008) On the evolutionary origins of executive functions. *Brain and Cognition*, 68, 92-99.
- Ardila, A., Ostrosky-Solis, F., Rosselli, M., Gómez, C. (2000). Age-Related Cognitive Decline During Normal Aging: The Complex Effect of Education. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 15 (6), 495–513.
- Ardila, A.; Rosselli, M. (2007) *Neuropsicología Clínica*. México: Manual Moderno.
- Atance, C., Jackson., L. (2009) The development and coherence of future-oriented behaviors during the preschool year. *Journal of Experimental Child Psychology*, 4, 379, 391.
- Baddeley, A. D. (1990). *Human memory: theory and practice*. Oxford: Oxford University Press.
- Baltes, P.B., Lindenberger, U., Staudinger, U.M. (2006). Lifespan theory in developmental psychology. En: Damon W, Lerner M, (Eds). *Handbook of child psychology*. Vol. 1 Theoretical models of human development. New York: Wiley.pp 569-664.
- Barkley, R.A. (1997). *ADHD and the Nature of Self Control*. New York: Guilford Press, 1997.
- Bechara, A., Damasio, H., & Damasio, A. R. (2000). Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral Cortex*, 10, 295-307.
- Bodrova, E., Leong, D.J. (1998). Development of dramatic play in young children and its effects on self-regulation: the Vygotskian approach. *Journal of early childhood teacher education*, 19,(2), 38–46.

- Capilla, A; Romero, D; Maestú, F.; Campo, P.; Fernández, S; González-Marqués, J; Fernández, A; Ortiz, T (2004) Emergencia y Desarrollo Cerebral de las Funciones Ejecutivas. *Actas españolas de Psiquiatría* 32 (2)377-386.
- Carlson, N.R. (2006) *Fisiología de la Conducta*. Trad. Ramos Platón, M. J., Muñoz Tedó C., Rodríguez de Fonseca. F. Mexico: Edit. Paidós.
- Carlson, S. M., & Moses, L. J. (2001). Individual differences in inhibitory control and children's theory of mind. *Child Development*, 72, 1032-1053.
- Carlson, S.M., Moses, L.J., Claxton, L.J. (2004) Individual Differences in Executive Functioning and Theory of Mind: An Investigation of Inhibitory Control and Planning Ability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87,(4), 299-319.
- Carlson, S., (2005) Developmentally Sensitive Measures of Executive Function in Preschool Children. *Developmental Neuropsychology*, 28 (2), 595-616.
- Casey, B.J., Cohen, J.D., Jezzard, P., Turner, R., Noll, D.C., Trainor, R.J. (1995) Activation of prefrontal cortex in children during a nonspatial working memory task with functional MRI. *Neuroimage*, 2 (3), 221-229.
- Casey, B.J., Trainor, R., Giedd, J., Vauss, Y., Vaituzis, C.K., Hamburger, S., et al. (1997). The role of the anterior cingulate in automatic and controlled processes: a developmental neuroanatomical study. *Development Psychobiology*, 30, 61-69.
- Casey, B.J., Trainor, R.J., Orendi, J.L., Schubert, A.B., Nystrom, L.E., Giedd, J.N., (1997) A developmental functional MRI study of prefrontal activation during performance of a go/no- go task. *Cognitive Neuroscience*, 9, 835-847.
- Casey, B.J., Giedd, J.N., Thomas, K.M.(2000) Structural and functional brain development and its relation to cognitive development. *Biological Psychology*, 54, 241-57.
- Chugani, H.T., Phelps, M.E. (1986) Maturational changes in cerebral functions in infants determined by 18FDG positron emission tomography. *Science*, 231, 840-843.

- Davidson, M.C., Amso, D., Anderson, L.C., Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: evidence from manipulations of memory, inhibition and task switching. *Neuropsychologia*, 44, 2037-2087.
- Damasio, H.C. (1991) *Neuroanatomy of the frontal lobe in vivo: A comment on methodology*. En: H.S. Levin, H.M. Eisenberg, y A.L. Benton (eds.). Frontal lobe function and dysfunction. Nueva York: Oxford University Press
- Diamond, A. (2001). A model system for studying the role of dopamine in prefrontal cortex during early development in humans. En C. Nelson y M. Luciana (Eds.), *Handbook of developmental cognitive neuroscience* (pp. 433-472). Cambridge, MA. MIT Press.
- Diamond, A. (2002). Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: Cognitive functions, anatomy, and biochemistry. En D.T. Stuss & R.T. Knight (Eds.) *Principles of frontal lobe function* (pp. 466-503). Londres, Inglaterra: Oxford University Press.
- Diamond, A. (2007). Consequences of variations in genes that affect dopamine in prefrontal cortex. *Cerebral Cortex*, 17, 161-170.
- Diamond, A., Barnett, W.S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control, *Science*, 318, 1387-1388.
- Diamond, A., Briand, L., Fossella, J., Gehlbach, L. (2004). Genetic and neurochemical modulation of prefrontal cognitive functions in children. *American Journal of Psychiatry*. 161, 125-132.
- Duncan, J., Seitz, R.J., Kolodny, J., Bor, D., Herzog, H., Ahmed, A. (2000). A neural basis for general intelligence. *Science*, 289, 547-60.
- Flores Lázaro, J.C.; Ostrosky-Solís, F. (2008) Neuropsicología de lóbulos frontales, funciones ejecutivas y conducta humana. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8, 47-58.
- Friedman, N.P., Miyake, A., Corley, R.P., Young, S.E., DeFries, J.C., Hewitt, J.K.(2006) Not all executive functions are related to intelligence, *Psychological Science*, 17, 172–179.

- Fuster, J.M. (2002) Frontal lobe and cognitive development. *Journal of Neurocytology*, 31, 373-385.
- Garon, N., Moore, C. (2004) Complex Decision-Making in Early Childhood. *Brain and Cognition*, 55, 158-170.
- Giedd, J.N., Blumenthal, J., Jeffries, N.O., Castellanos, F.X., Liu, H., Zijdenbos, A., (1999) Brain development during Childhood and Adolescence: a longitudinal MRI study. *Nature Neuroscience*, 2 (10), 861-3.
- Godefroy, O., Cabaret, M., Petit-Chenal, V., Pruvo, J.P., Rousseaux, M. (1999) Control functions of the frontal lobes. Modularity of the central-supervisory system? *Cortex*, 35, 1–20.
- Goldberg, E. (2001), *The Executive Brain, Frontal Lobes and the Civilized Mind*. Nueva York: Oxford University Press.
- Graham, G.B. (1983). *Introduction to Neuropsychology*. Nueva York: The Guilford Press.
- Garreth, H.E.(1946). A developmental theory of intelligence. *American Psychology*, 1, 372-378.
- Gerstadt, C., Hong, Y., Diamond, A. (1994) The relationship between cognition and action: performance of 3, 5-7 year old children on a Stroop-like day-night task. *Cognition*, 1994; 53, 129-53
- Gibson, KR (1991) Myelination and behavioral development: A comparative perspective on questions of neoteny, altriciality and intelligence. En Gibson, K.R., Petersen, A.C. (Eds.) *Brain Maturation and Cognitive Development* (pp 29-63) New York: Aldine de Gruyter.
- Gopnik, A. (1993) How we know our minds: The illusion of first-person knowledge of intentionality. *Behavioral and Brain Sciences*, 16, 1-14.
- Gopnik, A & Slaughter, V. (1991) Young children's understanding of changes in their mental states. *Child Development* , 62, 98-110.
- Gray, J.R., Chabris, C.F., Braver, T.S.(2003). Neural mechanisms of general fluid intelligence. *Nature Neuroscience*, 6, 316-22.
- Happaney, K., Zelazo, P.D., Stuss, D.T. (2004) Development of orbitofrontal function: Current theme and future directions, *Brain Cognition*, 55, 1-10.

- Harris, PL (1991) The work of the imagination. En A. Whiten (Ed.), *Natural theories of mind* (pp. 283-304). Cambridge , MA: Basil Blackwell.
- Hoshi, E., Tanji, J. (2004). Area-Selective Neuronal Activity in the Dorsolateral Prefrontal Cortex for Information Retrieval and Action Planning , *Journal Of Neuropsychology*, 91 (6), 2707-2722.
- Hughes, C. (1998). Executive function in preschoolers: Links with theory of mind and verbal ability. *British Journal of Developmental Psychology*, 16, 233–253.
- Huttenlocher, P.R. (1979) Synaptic density in human frontal cortex – developmental changes and effects of aging. *Brain Research*, 163 (2), 195-205.
- Huttenlocher, P.R., Dabholkar. A.S. (1997) Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex. *The Journal of Comparative Neurology*, 387, 167-78.
- Kerr, A., & Zelazo, P. D. (2004). Development of “Hot” executive function: The children's gambling task. *Brain and Cognition*, 55, 148-157.
- Kloo, D., Perner, J., Kerschhuber, A. Dabernig, S., & Aichhorn, M. (2008, in press). Sorting between Dimensions: Conditions of Cognitive Flexibility in Preschoolers. *Journal of Experimental Child Psychology*.
- Konishi, S., Hayashi, T., Uchida, I., Kikyo, H., Takahashi, E., Miyashita, Y. (2002) Hemispheric asymmetry in human lateral prefrontal cortex during cognitive set shifting. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99 (11), 7803-7808
- Lehto, J. (1996). Are executive function tests dependent on working memory capacity?, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49, 29–50.
- Lenroot, R.K., Giedd, J.N. (2006) Brain development in children and adolescents: insights from anatomical magnetic resonance imaging. *Neuroscience and Biobehavioral Review*, 30, 718-29.
- Leung, H, Skudlarski, P., Gatenby, J., Peterson, B., Gore, J. (2000) An Event-related Functional MRI Study of the Stroop Color Word Interference Task. *Cerebral Cortex*, 10 (6), 552-560

- Lévesque, J., Joannette, Y., Mensour, B., Beaudoin, G., Leroux, J.M., Bourgouin, P., Beaugard, M. (2004) Neural basis of emotional self-regulation in childhood *Neuroscience*, 129 (2), 361-369.
- Lezak, M. D. (1994). *Neuropsychological Evaluation*. Nueva York: Oxford University Press.
- Li, S.C., Lindenberger, U., Hommel, B., Aschersleben, G., Prinz, W., Baltes, P.B. (2004). Transformations in the couplings among intellectual abilities and constituent cognitive processes across the life span. *Psychological Science*, 15, 155-63.
- Liebermann, D., Giesbrecht, G.F., Muller, U., (2007) Cognitive and emotional aspects of self-regulation in preschoolers. *Cognitive Development*, 22 (4), 511-529.
- Luciana, M., Nelson, C.A. (1998). The functional emergence of prefrontally-guided working memory systems in four to eight year old children. *Neuropsychologia*, 36 (3), 273-93.
- Luria, A. R..(1961) *The Role of Speech in the Regulation of Normal and Abnormal Behavior*. New York: Liveright Publishing Corp, pp. 50-96.
- Marengo, S., Coppola, R., Daniel, D.G., Zigun, J.R., Weinberger, D.R. (1993) Regional cerebral blood flow during the Wisconsin Card Sorting Test in normal subjects studied by xenon-133 dynamic SPECT: comparison of absolute values, percent distribution values, and covariance analysis *Psychiatry Research*, 50 (3), 1177-192.
- McCarthy, G., Blamire, A.M., Puce, A., Nobre, A.C., Bloch, G., Hyder, F., Goldman-Rakic, P., Shulman, R.G. (1994) Functional magnetic resonance imaging of human prefrontal cortex activation during a spatial working memory task. *Neurobiology*, 91, 8690-8694.
- Miller, E. K. & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 67-202.

- Mischel, W. (1974) Processes in delay of gratification. En L. Berkowitz (Ed.), *Advances in experimental social psychology*, Vol.7 (pp.249-292). New York: Academic Press.
- Mitchell, R.L., Phillips, L.H.(2007) The psychological, neurochemical and functional neuroanatomical mediators of the effects of positive and negative mood on executive functions, *Neuropsychologia* 45, 617–629.
- Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witsky, A.H., Howerter, A., Wagert, T.D.(2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
- Mrzljak , L., Uylings, H.B.M., Van Eden, C.G., Judas, M., (1990). Neuronal development in human prefrontal cortex in prenatal and postnatal states. En H.B.M. Uylings, C.G. van Eden , J.P.C., de Bruin, M.A. Corner, and M.G.P., Feenstra (Eds.), *The prefrontal Cortex; Its Strcuture, Function, and Pathology. Progress in Brain Research*, Vol. 85 (pp 185-222) Amsterdam: Elsevier.
- Müller, U., Zelazo, P.D., Imrisek, S. (2005) Executive function and children's understanding of false belief: how specific is the relation? *Cognitive Development*, 20 (2), 173-189.
- Munakata, Y., Casey, B.J., Diamond, A. (2004) Developmental cognitive neuroscience: progress and potential, *Trends in Cognitive Sciences*, 8 (3), 122-128.
- Nelson, K (1992) Emergence of autobiographical memory at age 4. *Human Development* , 35, 172-177.
- Overman, W.H (2004) Sex differences in early childhood, adolescence, and adulthood on cognitive tasks that rely on orbital prefrontal cortex. *Brain and Cognition*, 55, 134-147.
- Passamonti, L., Fera,F.,Magariello, A., Cerasa, A., Gioia M.C., Muglia M., Nicoletti, G., Gallo, O., Provinciali, L., Quattrone, A.(2006)Monoamine Oxidase-A Genetic Variations Influence Brain Activity Associated with

Inhibitory Control: New Insight into the Neural Correlates of Impulsivity, *Biological Psychiatry*, 59, 334-340

- Paus, T., Collins, D.L., Evans, A.C., Leonard, G., Pike, B., Zijdenbos, A. (2001) Maturation of white matter in the human brain: a review of magnetic resonance studies. *Brain Research*, 54 (3), 255-66.
- Pennington, B.F., Ozonoff, S., (1996) Executive functions and developmental psychopathology, *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 37, 51–87.
- Perner, J. (1992). Grasping the concept of representation: Its impact on 4-years-olds' theory of mind and beyond. *Human Development*, 35, 146-155.
- Perner J, Lang,B. (1999) Development of theory of mind and executive control. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(9), 337-44.
- Perner, J., & Lang, B. (2002). What causes 3-year-olds' difficulty on the Dimensional Change Card Sorting task? *Infant and Child Development*, 11, 93–105.
- Peterson, B., Anderson, A., Skudlarski, P., Zhang, H., Gore, J.(1996) An fMRI study of the stroop effect. *NeuroImage*, 3, s195.
- Prencipe, A., Zelazo, P.D. (2005) Development of affective decision making for self and other: evidence for the integration of first- and third-person perspectives. *Psychological Science*, 16 (7), 501-505.
- Razza,R., Blair,C. (2009) Associations among false-belief understanding, executive function, and social competence: A longitudinal analysis. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 30 (3), 332-343
- Robbins, T. W. (1998). *Dissociating executive functions of the prefrontal cortex*. En A. C. Roberts, T. W. Robbins & L. Weiskrantz (Eds.). *The prefrontal cortex* (pp. 117-130). Londres: Oxford University Press.
- Salami, M., Itami, C., Tsumoto, T., Kimura, F. (2003) Change of conduction velocity by regional myelinations yields constant latency irrespective of distance between thalamus and cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100, 6174-6179.

- Salthouse, T., Atkinson, T., Berish, D., (2003) Executive functioning as a potential mediator of age-related cognitive decline in normal adults, *Journal of Experimental Psychology: General*, 132, 566–594.
- Schoenemann, P.T., Sheehan M.J., Glotzer, L.D. (2005) Prefrontal white matter volume is disproportionately larger in humans than in other primates, *Nature Neuroscience*, 8, 242–252.
- Schroeter, M.L., Zysset, S., Wahl, M., Von Cramon D.Y., (2004) Prefrontal activation due to Stroop interference increases during development—an event-related fNIRS study. *Neuro Image*, 23 (4), 1317-1325.
- Semendeferi, K., Lu A., Schenker, N., Damasio, H.(2002) Humans and great apes share a large frontal cortex, *Nature Neuroscience*, 5, 272–276.
- Shallice, T. (2001). “Theory of mind” and the prefrontal cortex. *Brain*, 124, 247-248.
- Shaw, P., Greenstein, D., Lerch, J., Clasen, L., Lenroot, R., Gogtay, N. (2006). Intellectual ability and cortical development in children and adolescents. *Nature*, 440, 676-679.
- Shimamura, A.P. (2000) Toward a Cognitive Neuroscience of Metacognition. *Consciousness and Cognition*, 9 (2), 313-323
- Sidney, J., Rose-Krasnor, L., (1992). The Construct of Brain Maturation in Theories of Child Development. *Brain and Cognition*, 20, 1-7.
- Sowell, E.R., Thompson, P.M.,Holmes, C.J., Jernigan, T.L., Toga A.W. (1999) In-vivo evidence for post adolescent brain maturation in frontal and striatal regions. *Nature Neuroscience*, 2, 859-61.
- Sowell, E.R., Thompson, P.M., Tessner K.D., Toga, A.W. (2001) Mapping continued brain growth and gray matter density reductions in dorsal frontal cortex: Inverse relationships during post adolescent brain maturation. *Journal of Neuroscience*, 21, 8819-8829.
- Stuss, D.T. (1992). Biological and Psychological development of executive functions. *Brain Cognition*, 20 (1), 8-23.
- Stuss, D. T., Levine, B. (2000). Adult clinical neuropsychology, lessons from studies of the frontal lobes. *Annual Review of Psychology*, 53, 401-403.

- Sweeney, J.A., Rosano, C., Berman, R.A., Luna, B. (2001). Inhibitory control of attention declines more than working memory during normal aging. *Neurobiology of Aging*, 22, 39- 47.
- Thompson, P.M., Canon, T.D., Narr, K.L., Van, E.T., Poutanen, V.P., Huttunen, M. (2001). Genetic influences on brain structure. *Nature Neuroscience*, 4, 1253-1258.
- Thompson, C., Barresi, J., Moore, C.(1997) The Development of Future-Oriented Prudence and Altruism in Preschoolers. *Cognitive Development*, 12, 199-212
- Tsujimoto, S., (2008) The prefrontal Cortex: Functional Neural Development During Early Childhood. *The Neuroscientist*, 14 (4), 345-358
- Tsujimoto, S., Yamamoto, T., Kawaguchi, H., Koizumi, H., Sawaguchi, T. (2004) Prefrontal cortical activation associated with working memory in adults and preschool children: an event-related optical topography study. *Cerebral Cortex*, 14, 703-712.
- Tsukiura, T., Fujii, T., & Takahashi, T. (2001). Neuroanatomical discrimination between manipulating and maintaining processes involved in verbal working memory: a functional MRI study. *Cognitive Brain Research*, 11, 13-21.
- Vygotsky, L. S. (1986) *Thought and Language*. Cambridge: MIT Press.
- Wellman, H., Cross, D., Watson, J., (2001) Meta-Analysis of Theory-of-Mind Development: the Truth about False Belief. *Child Development*, 72 (3), 655-684.
- Yakovlev, P.I., Lecours, A.R. (1967). The myelogenetic cycles of regional maturation of the brain. En Minkowsky, A. (Eds.) *Regional Development of the Brain in Early Life* (pp 3-70). Londres, Inglaterra: Oxford University Press.
- Zelazo, P.D. (1996) The Dimensional Change Card Sort (DCCS): a method of assessing executive function in children, *Nature Protocols*, 1, 297–301.
- Zelazo, P. D., & Müller, U. (2002). The balance beam in the balance: Reflections on rules, relational complexity, and developmental processes. *Journal of Experimental Child Psychology*, 81, 458-465.

## GLOSARIO DE PRUEBAS

**Apariencia-Realidad:** (Teoría de la mente). El niño debe confrontar la apariencia de un objeto con su identidad real (p/e. una esponja que parece piedra).

**BRIEF – P (Behavior Rating Inventory of Executive Function – Preschool Version):** (Funciones ejecutivas). Este inventario es llenado por padres o maestros sobre el comportamiento del niño en su vida cotidiana para evaluar Inhibición, Flexibilidad, Memoria de Trabajo y Planeación en un contexto funcional.

**Carga del Camión (o Cartero):** (Planeación). El niño debe acomodar las cartas para una fiesta en el camión del cartero anticipando en qué orden las entregará.

**Cartas de Iowa:** (Percepción de riesgo/toma de decisiones). El sujeto escoge de entre una serie de cartas con recompensas y castigos grandes o recompensas pequeñas y castigos menores. Esta prueba es sensible al daño en la corteza orbital.

**Demora de Regalo:** (Inhibición). Se le pide al niño que no voltee mientras se envuelve ruidosamente un regalo sorpresa para él.

**Entrega de Gatitos:** (Planificación). El niño debe escoger la vía más corta para que la mamá gato pueda recoger a sus gatitos.

**Escalas Mc Carthy de Aptitudes y Psicomotricidad para Niños:** (Desarrollo) Evalúa el desarrollo del niño en distintos ámbitos; contiene las escalas verbal, perceptivo-manipulativa, cuantitativa, memoria y motricidad, además de un índice general cognitivo.

**Falsa Creencia:** (Teoría de la mente). El niño debe anticipar el pensamiento o conducta de alguien más en base al conocimiento de que el otro posee información falsa.

**Flechas:** (Inhibición). El niño debe apretar el botón (izquierdo o derecho) que señale la flecha de la pantalla, independientemente del lado en el que ésta aparezca.

**Figuras:** (Inhibición y memoria de trabajo). El niño debe apretar el botón derecho si aparece una mariposa y el izquierdo si aparece una rana; independientemente del lado de la pantalla en el que aparezcan los estímulos.

**Go-No Go:** (Inhibición). El sujeto debe ejecutar cierta respuesta ante un estímulo y suprimirla ante un estímulo alterno.

**Less is More:** (Inhibición). El niño debe señalar la recompensa pequeña para obtener la recompensa grande.

**Matrices de Raven:** (Pensamiento abstracto). El sujeto debe escoger una figura que complete una serie en base a deducciones lógicas.

**Oso / Dragón (o Ángel Diablo):** (Inhibición). El niño debe seguir las instrucciones del Oso simpático e ignorar las instrucciones del Dragón malo.

**Peabody Picture Vocabulary:** (Vocabulario) Evalúa el vocabulario (para inglés americano) en niños de 2 a 6 años a través de la elección de una serie de imágenes concorde al significado de la palabra dicha por el evaluador.

**Peg Tapping:** (Inhibición). El niño debe golpear en la mesa dos veces con el lápiz cuando el experimentador golpea una y viceversa.

**Puntos:** (Memoria de Trabajo). El niño debe apretar el botón izquierdo si el círculo presentado contiene rayas y el derecho si contiene puntos.

**Regalo Inesperado:** (Inhibición). Se evalúa la respuesta gestual y social del niño cuando recibe un regalo que había escogido como el menos deseado.

**Susurro:** (Inhibición). El niño debe susurrar el nombre de los personajes de una serie de tarjetas con caricaturas, entre las que se presentan personajes populares.